



Hak cipta© 2018, Divisi Publikasi, Center of Technology (CoT)
Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin.

ISSN 1411-6243

Penggandaan atau Penerjemahan Sebagian/Seluruh Bagian dari Jurnal Ilmiah ini
harus seijin Divisi Publikasi, Center of Technology (CoT),
Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin

Hak Cipta dilindungi undang-undang.

Alamat Sekretariat:

Redaksi Jurnal Penelitian Enjiniring (JPE)
Lantai 1, Gedung Center of Technology (CoT)
Kampus Fakultas Teknik Gowa, Universitas Hasanuddin (UNHAS)
Jl. Poros Malino, Km. 6, Bontomarannu
Kabupaten Gowa, Sulawesi Selatan, Indonesia
E-mail : jpe@unhas.ac.id
Website : <http://cot.unhas.ac.id/journals/index.php/jpe>



Staf Redaksi

- Penanggungjawab : **Dekan Fakultas Teknik, UNHAS**
Dr. Ir. Muhammad Arsyad Thaha, MT
- Pengarah : **Wakil Dekan Bidang Perencanaan, Keuangan, dan Sumber Daya**
Dr.Eng. Muhammad Rusman, ST., MT
- Wakil Dekan Bidang Kemahasiswaan dan Alumni**
Dr.Eng. Mukti Ali, ST., MT
- Pemimpin Umum : **Wakil Dekan Bidang Akademik, Riset dan Inovasi**
Prof. Dr. Baharuddin Hamzah, ST., M.Arch
- Pemimpin Redaksi : Dr.Eng. Faisal Mahmuddin, ST., M.Inf.Tech., M.Eng
- Dewan Redaksi : Prof. Dr. H. Hammada Abbas
Prof. Dr. Ir. M. Ramli Rahim, M.Eng
Prof. Dr.-Ing. Ir. Herman Parung
Prof. Dr.rer.nat. Ir. Imran Umar
Dr. Ir. Rhiza S. Sadjad, MS.EE
Dr. Ir. Dipl.-Ing. Ganding Sitepu
- Redaktur Pelaksana : Dr. Ir. Zuryati Djafar, MT
Ir. Zaenab Muslimin, MT
Dr. Merna Baharuddin, ST., M.TelEng
Wahyuddin, ST., MT
Muhammad Zubair Muis Alie, ST., MT., Ph.D
Dr.Eng. Adi Maulana, ST., M.Phil
Abdul Mufti Radja, ST., MT., Ph.D
- Staf Kesekretariatan : Badillah, SE., M.Si
Jumadil, ST., MM.
Dirham Abdillah
Juliana Palambean
Nur Fitriani Seilah



Dewan Penilai Karya Ilmiah

Prof. David Victor Thiel	CWMA, Griffith University, Australia
Prof. Dr. Eko Tj. Rahardjo	UI, Indonesia
Prof. Dr. Adit Kurniawan	ITB, Indonesia
Prof. Dr. Januarsyah Haroen	ITB, Indonesia
Prof. Dr. Moch. Ashari	ITS, Indonesia
Prof. Dr. Mauridhi H Purnomo	ITS, Indonesia
Prof. Dr. Muhammad Asvial	UI, Indonesia
Dr. Amin Abbosh, M.Sc	University of Queensland, Australia
Dr. Fitri Yuli Zulkifli, M.Sc	UI, Indonesia
Dr. Ir. Purwanto, M.Eng	UI, Indonesia
Dr. Ir. Edi Lukito, M.Sc	UGM, Indonesia
Prof. Mazlina Esa	UTM, Malaysia
Ass. Prof. Anton S Prabuwono	UKM, Malaysia
Prof. Josaphat T. S. Sumantyo	Chiba University, Japan
Prof. Dr. Deo Prasad	UNSW, Australia
Prof. Stephen SY Lau	Univ. of Hong Kong, Hong Kong
Ass. Prof. Stephen K Wittkopf	NUS, Singapore
Ass. Prof. Dr-Ing. Eka Sediadi	UTM, Malaysia
Dr. Feng Yang	Tongji University, PR China
Dr. Agung Murti Nugroho	University of Brawidjaya, Indonesia
Dr. Rahmi Andarini	ITS, Indonesia
Prof. Dr. Abraham L. Kitano	UPN, Indonesia
Dr. Arifudin Idrus	UGM, Indonesia
Prof. Akirai Imai, Ph.D	Akita University, Japan
Dr. Bambang Priadi	ITB, Indonesia
Prof. Prio Suprobo	ITS, Indonesia
Ir. Ekaputra, M.Eng., Ph.D	UGM, Indonesia
Prof. Gunawan Tjahyono, Ph.D	UI, Indonesia
Dr. Jumain Appe, M.Sc	BPPT, Indonesia
Prof. Sofia W. Alisyahbana	Universitas Bakrie, Indonesia
Prof. Dr. Daniel M. Rosyid	ITS, Indonesia
Prof. Dr. I Ketut B. Aryana	ITS, Indonesia
Prof. Dr. Adi Maimun	UTM, Malaysia
Prof. Dr. Soenaryo	UI, Indonesia
Prof. Dr.-Ing. Nandy S.J. Putra	UI, Indonesia
Prof. Dr. Imam Reksowardoyo	ITB, Indonesia
Prof. Dr. Keigo Watanabe	Okayama University, Japan
Prof. Dr. Okamura Mitsu	Ehime University, Japan
Prof. Satrio S. Brodjonegoro	ITB, Indonesia



Kata Pengantar Redaksi

Assalamu Alaikum Warrahmatullahi Wabarakatuh
Salam Hormat,

Tim redaksi Jurnal Penelitian Enjiniring (JPE) kembali mengucapkan syukur dan kegembiraan atas terbitnya JPE Volume 22 Nomor 2, edisi bulan November 2018. Edisi akhir tahun 2018 ini berisi 12 (dua belas) makalah yang membahas berbagai macam topik penelitian dan permasalahan yang menarik dan mutakhir dalam bidang ilmu rekayasa. Untuk menjamin kualitas dari setiap makalah, maka review baik dari segi konten maupun dari segi format telah dilakukan oleh tim redaksi dengan bantuan beberapa reviewer (mitra bestari).

Dari 12 makalah yang terbit kali ini, 6 (enam) membahas masalah yang berkaitan dengan transportasi dan kendaraan antara lain tentang pengaruh hambatan samping terhadap kinerja ruas jalan, optimasi perhitungan jarak antar kendaraan, model sistem perparkiran di bandara Sentani, stabilitas wahana angkut ALPO, pengaruh brace terhadap kekuatan kaki struktur helideck, dan karakteristik manuver kapal Ro-Ro. Selain itu, 2 (dua) makalah berkaitan dengan bidang arsitektur dan perencanaan wilayah dan kota yakni tentang kenyamanan termal sekolah menengah pertama negeri di Kabupaten Pangkajene Kepulauan dan tentang rehabilitasi perumahan dan pemukiman swadaya penunjang wisata di pesisir pantai Tanjung Bayang, Makassar.

Selanjutnya, 3 (tiga) makalah tersisa berkaitan dengan bidang teknologi informasi, teknik mesin dan ekonomi tambang. Judul masing-masing makalah tersebut adalah analisis performansi protokol routing proaktif pada jaringan mobile adhoc, rancang bangun robot pengangkut sampah pada kanal sempit, dan penentuan laba pemindahan material tanah penutup untuk kesetimbangan biaya pemindahan material lumpur dengan metode break even point.

Semoga hasil-hasil riset inovatif yang terbit di edisi kali dapat bermanfaat bagi pengembangan Ilmu Pengetahuan dan Teknologi serta umat manusia. Terima kasih kami ucapkan kepada para penulis yang berkontribusi untuk periode penerbitan Edisi Bulan November 2018 ini dan juga semua pihak yang telah membantu dalam penerbitan jurnal edisi ini.

Salam Hangat

TIM REDAKSI



DAFTAR ISI

Staf Redaksi	ii
Dewan Penilai Karya Ilmiah	iii
Kata Pengantar Redaksi	iv
Daftar Isi	v
Analisis Pengaruh Hambatan Samping terhadap Kinerja Ruas Jalan Perintis Kemerdekaan (Studi Kasus di Kawasan Sanrangan) <i>Ardiansyah Muhammad, Baharuddin Hamzah, Jamaluddin Rahim</i>	96
Optimasi Perhitungan Jarak antara Kendaraan <i>Nurul Fathanah Mustamin, Indrabayu, Intan Sari Areni</i>	105
Kenyamanan Termal Sekolah Menengah Pertama Negeri di Wilayah Pesisir, Dataran Rendah dan Pegunungan di Kabupaten Pangkajene Kepulauan <i>Andi Yunita, Baharuddin Hamzah, Rosady Mulyadi</i>	113
Analisis Performansi Protokol Routing Proaktif pada Jaringan <i>Mobile Adhoc</i> <i>Rohmah Nur Hidayah, Indrabayu, Intan Sari Areni</i>	120
Rancang Bangun Robot Pengangkut Sampah pada Kanal Sempit <i>Muhtar, Rafiuddin Syam, Zulkifli Djafar</i>	129
Model Sistem Perparkiran Kendaraan di Bandar Udara Sentani Jayapura <i>Johanis Taran, Sakti Adji Adisasmata, Mubassirang Pasra</i>	137
<i>Reverberation Time</i> dan Distribusi Bunyi dalam Ruang (Studi Kasus: Auditorium Lt. 1 Fakultas Teknik Kampus Gowa) <i>Anjas Prasetia Runtulalo, Muhammad Ramli Rahim, Asniawaty Kusno</i>	143
Kajian Stabilitas Wahana Angkut ALPO sebagai Fungsi Kapasitas Tangki Ballast <i>Arifin, Wibowo Harso Nugroho, Sahlan</i>	155
Rehabilitasi Perumahan dan Permukiman Swadaya Penunjang Wisata Berbasis Kelayakan Huni di Pesisir Pantai Tanjung Bayang Makassar <i>Fauziah Ahmad Misbahuddin, Shirly Wunas, Mimi Arifin</i>	166
Penentuan Laba Pindahkan Material Tanah Penutup untuk Kesetimbangan Biaya Pindahkan Material Lumpur dengan Metode <i>Break Even Point</i> <i>Heicke Gloria Hitipeuw, Aryanti Virtanti Anas, Rini Novrianti Sutardjo Tui</i>	175
Pengaruh Brace terhadap Kekuatan Kaki Struktur Helideck dalam Menahan Beban Pendaratan Darurat Helikopter <i>Anwar, Ganding Sitepu, Muhammad Zubair Muis Alie</i>	185
Karakteristik Manuver dengan Variasi Sudut Kemudi Kapal Ro-Ro <i>I Made Alet, Andi Haris Muhammad, Daeng Paroka</i>	193



Analisis Pengaruh Hambatan Samping terhadap Kinerja Ruas Jalan Perintis Kemerdekaan

(Studi Kasus di Kawasan Sanrangan)

Ardiansyah Muhammad^{1*}, Baharuddin Hamzah², Jamaluddin Rahim¹

¹Departemen Teknik Perencanaan Transportasi, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin, Makassar

²Departemen Teknik Arsitektur, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin, Makassar

Jl. Poros Malino km. 6, Bontomarannu, Kabupaten Gowa, Sulawesi Selatan 92171

*Email: ardiansyah.20111979@gmail.com

DOI: 10.25042/jpe.112018.01

Abstrak

Hambatan samping merupakan faktor yang dapat menyebabkan terjadinya penurunan kinerja ruas jalan yang berujung pada kemacetan di sepanjang jalan, berupa pejalan kaki keluar masuk dari sisi jalan, kendaraan parkir/berhenti untuk menaikturunkan penumpang, kendaraan keluar masuk dari sisi jalan. Penelitian ini bertujuan menganalisis jenis hambatan samping yang memiliki pengaruh dominan terhadap kinerja jalan Perintis Kemerdekaan kawasan Sanrangan dan merekomendasikan solusi untuk mengatasi permasalahan lalu lintasnya. Pengamatan lapangan menggunakan metode Survei kendaraan bergerak dimana pengamat mengikuti arus. Hasil dianalisis secara deskriptif kuantitatif melalui uji regresi linier berganda dengan variabel bebas (Y) kecepatan perjalanan rata-rata dan variabel terikat (X) terdiri dari: Pejalan kaki masuk (X_1), pejalan kaki keluar (X_2), sepeda motor masuk (X_3), sepeda motor keluar (X_4), mobil masuk (X_5), mobil keluar (X_6), dan kendaraan berhenti (X_7). Lokasi survei bertempat di jalan Perintis Kemerdekaan km 14+750 - km 15+000 Kota Makassar tepatnya di kawasan Sanrangan yang memiliki tiga lokasi konflik lalu lintas yaitu: jalan Asrama Haji Lama, jalan masuk PT. KIMA dan jalan Sanrangan. Jalan Asrama Haji Lama merupakan satu-satunya akses untuk menuju beberapa sarana pendidikan. Jalan masuk PT. KIMA Makassar yang merupakan kawasan industri dan Jalan Sanrangan merupakan jalan akses menuju ke beberapa perumahan dan sarana pendidikan. Ketiga lokasi konflik tersebut menimbulkan tarikan perjalanan yang saling mempengaruhi dan menyebabkan hambatan samping. Hasil penelitian menunjukkan bahwa jenis hambatan samping yang memiliki pengaruh dominan terhadap kinerja jalan Perintis Kemerdekaan kawasan Sanrangan adalah sepeda motor yang keluar (motor *out*) dari tiga lokasi di sisi segmen jalan tersebut, dengan selisih nilai R square persamaan regresi linier berganda pada kondisi eksisting dan kondisi yang ditinjau sebesar 7,8% dengan nilai R square eksisting sebesar 89 %. Rekomendasi solusi penanganan permasalahan yang memungkinkan adalah dengan memasang rambu lalu lintas di beberapa titik, pemasangan separator atau median jalan dan juga pembuatan zebra *cross*.

Abstract

The Analysis of the Effect of the Side Friction on the Performance of the Road Segment of Perintis Kemerdekaan: A Case Study in Sanrangan Area. Side frictions are factors that can cause a decrease on the performance of road that culminate in congestion along the road. Side frictions in this research are pedestrians entering and leaving road, vehicles stopping and parking for pick up & set down of passengers, and vehicles entering and leaving road. This research aimed to analyze the types of side friction which had the dominant effects on the performance on Perintis Kemerdekaan Road at the areas of Sanrangan and to recommend the solution for tackling the problems of its traffics. The field observation use moving vehicle following the traffics. The result were analyzed descriptively and quantitatively through the multiple linear regression test with independent variables (Y) is average of travel speed and the dependent variable (X) consist of: pedestrian in (X_1), pedestrian out (X_2), motorcycle in (X_3), motorcycle out (X_4), car in (X_5), car out (X_6), and parking/stop vehicle (X_7). The survey was located in Perintis Kemerdekaan street at Km 14 + 750 - km 15 + 000; or to be more exact along the area of Sanrangan which had three locations of traffics conflict, i.e. Asrama Haji Lama street, the street coming to PT. KIMA and Sanrangan street. Asrama Haji Street is the only access to several educational facilities. The street coming to PT. KIMA Makassar which is an industrial area and Sanrangan Street is the road leading to some housing and educational facilities. The three locations of conflict that cause the trip attraction that affect each other and causing side frictions. The research results indicated that the types of the side friction which had the dominant effect on the performance of Perintis Kemerdekaan street, Sanrangan area were the motorcycles which came out of the three street located in the side of those road segment with the difference of the value of R square of the equation of the multiple linear regression at the existing condition and at the condition surveyed (after eliminating the surveyed variables) of 7.8% with existing R



square value of 89%. The possible recommendation to resolve traffic problems by installing traffic signs at some point, installation of separator or median of road and also creating a zebra cross.

Kata Kunci: Hambatan samping, kinerja jalan, kecepatan perjalanan, survei lalu lintas

1. Pendahuluan

Transportasi merupakan kebutuhan turunan (*derived demand*) akibat adanya aktivitas ekonomi, sosial, budaya, dan sebagainya. Permintaan akan transportasi merupakan kebutuhan orang untuk melakukan perjalanan dari satu tempat ke tempat lain dalam melakukan kegiatannya sehari-hari [1]. Dalam fungsinya sebagai tulang punggung perekonomian seringkali transportasi darat mengalami berbagai macam permasalahan, diantaranya adalah kemacetan. Kemacetan adalah kondisi dimana arus lalu lintas yang lewat pada ruas jalan yang ditinjau melebihi kapasitas rencana jalan yang mengakibatkan kecepatan ruas jalan tersebut terhenti, sehingga menyebabkan terjadinya antrian [2]. Kemacetan bisa juga disebabkan oleh ketidakseimbangan antara kapasitas efektif ruas jalan yang ada lebih kecil dari kapasitas jalan yang direncanakan akibat adanya hambatan samping [3].

Salah satu faktor yang dapat mempengaruhi penurunan kapasitas jalan adalah lajur lalu lintas dan bahu jalan yang sempit atau halangan lainnya pada kebebasan samping [4]. Hambatan samping di jalan seringkali terkait dengan adanya aktivitas sosial dan ekonomi seperti: adanya parkir kendaraan di badan jalan yang diakibatkan oleh pertokoan yang tidak menyediakan tempat parkir, angkutan umum yang menaikturunkan penumpang di sembarang tempat, serta lalu lalangnya kendaraan dan orang untuk menyeberang.

Salah satu ruas jalan yang mengalami permasalahan kemacetan pada jam-jam tertentu adalah jalan Perintis Kemerdekaan. Jalan Perintis Kemerdekaan merupakan jalan arteri primer yang menghubungkan antara kota Makassar dan kabupaten Maros dengan tipe jalan empat lajur terbagi (4/2D). Berdasarkan hasil penelitian Muis, dengan judul “*Analisis Model Karakteristik Lalu lintas pada Ruas Jalan Perintis Kemerdekaan di Kota Makassar*” [5] didapatkan bahwa volume puncak jalan Perintis Kemerdekaan (Segmen

Tello) sebesar 3067,8 smp/jam pada pukul 16.00-18.00 pada ruas jalan arah Tello dan 3160,4 smp/jam pukul 08.00-09.00 pada ruas jalan arah Tamalanrea. Kecepatan kendaraan pada jam tersebut sebesar 9,74 km/jam untuk arah Tello dan 27,69 km/jam untuk arah Tamalanrea. Tingkat pelayanan jalan Perintis Kemerdekaan dengan kecepatan rata-rata di bawah 50 Km/jam berada pada tingkat F dimana pada tingkat pelayanan ini arus lalu lintas berada dalam keadaan dipaksakan, kecepatan relatif rendah, arus lalu lintas sering berhenti sehingga menimbulkan antrian kendaraan yang cukup panjang.

Salah satu lokasi yang seringkali mengalami permasalahan kemacetan akibat aktivitas di sisi segmen jalan pada jalan Perintis Kemerdekaan khususnya di kecamatan Biringkanaya adalah kawasan Sanrangan. Kondisi kawasan Sanrangan ini agak berbeda dari jalan pada umumnya. Pada kawasan ini terdapat tiga lokasi konflik lalu lintas yang sering menimbulkan hambatan samping antara lain: Jalan Asrama Haji lama, Jalan masuk PT. KIMA Makassar dan jalan Sanrangan. Pada waktu jam puncak, ketiga lokasi tersebut sering menimbulkan masalah lalu lintas berupa hambatan samping yang mempengaruhi kinerja jalan Perintis Kemerdekaan kawasan Sanrangan. Berdasarkan uraian di atas, maka tujuan penelitian ini adalah untuk menganalisis jenis hambatan samping yang memiliki pengaruh dominan terhadap kinerja jalan Perintis Kemerdekaan kawasan Sanrangan dan merekomendasikan solusi untuk mengatasi permasalahan lalu lintasnya.

2. Kajian Pustaka

Berdasarkan pedoman perhitungan dari Direktorat Jenderal Perhubungan Darat Bina Sistem Lalu lintas dan Angkutan Kota [6], maka:

2.1. Perhitungan Arus Lalu Lintas

$$Q = \frac{x + (a - b)}{TA + TW} \quad (1)$$



dimana:

- Q = Arus kendaraan searah, arah A ke B
 x = Jumlah kendaraan yang berlawanan arah pada saat kendaraan pengamat berjalan pada arah B ke A
 a = Jumlah kendaraan yang melewati pada saat kendaraan pengamat berjalan pada arah A ke B
 b = Jumlah kendaraan yang dilewati pada saat kendaraan pengamat berjalan pada arah A ke B
 TA = Waktu rata-rata perjalanan dari B ke A
 TW = Waktu rata-rata perjalanan dari A ke B

2.2. Waktu Perjalanan rata-rata

$$\bar{T} = TW - \frac{a-b}{Q} \quad (2)$$

dimana :

- \bar{T} = Waktu perjalanan rata-rata
 TW = Waktu rata-rata perjalanan dari A ke B
 a = Jumlah kendaraan yang melewati pada saat kendaraan pengamat berjalan pada arah A ke B
 b = Jumlah kendaraan yang dilewati pada saat kendaraan pengamat berjalan pada arah A ke B
 Q = Arus kendaraan searah, arah A ke B

2.3. Kecepatan Perjalanan rata-rata

$$\bar{V} = \frac{3,6D}{\bar{T}} \quad (3)$$

dimana :

- \bar{V} = Kecepatan perjalanan rata-rata
 D = Jarak lintasan yang diamati
 \bar{T} = Waktu perjalanan rata-rata

2.4. Uji Regresi Linier Berganda

Analisis ini merupakan salah satu cara untuk mengkaji keterkaitan antara variabel bebas (hambatan samping) dengan variabel terikat (kecepatan perjalanan). Data diolah menggunakan program SPSS. Analisis besar kontribusi masing-masing variabel hambatan samping dilakukan dengan menghilangkan variabel prediktor yang dianalisis, sehingga dari masing-masing

persamaan regresi yang dihasilkan dapat diketahui besar masing-masing nilai R square. Selisih nilai R square pada kondisi existing dan kondisi setelah dihilangkan salah satu variabel menunjukkan besarnya kontribusi variabel tersebut terhadap kecepatan perjalanan rata-rata [7].

2.5. Rekomendasi penanganan masalah lalu lintas

Penanganan masalah mengacu pada adanya permasalahan yang mempengaruhi kinerja suatu ruas jalan, yang selanjutnya akan menentukan solusi pemecahan permasalahan tersebut. Pada penelitian ini terdapat tiga alternatif solusi untuk mengatasi masalah hambatan samping yang terjadi di kawasan Sanrangan, antara lain: pemasangan rambu lalu lintas, pemasangan separator/median jalan, dan pemasangan fasilitas pejalan kaki berupa penyeberangan zebra.

3. Metode Penelitian

Pengamatan lapangan menggunakan metode Survei kendaraan bergerak dimana pengamat mengikuti arus lalu lintas. Hasil dianalisis secara deskriptif kuantitatif melalui uji regresi linier berganda untuk mengetahui jenis hambatan samping yang memiliki pengaruh dominan terhadap kinerja jalan. Penelitian ini dilaksanakan pada Bulan Januari sampai Februari 2018 di jalan Perintis Kemerdekaan kecamatan Biringkanaya kota Makassar tepatnya di kawasan Sanrangan yang memiliki tiga lokasi konflik lalu lintas yaitu: jalan Asrama Haji Lama, jalan masuk PT. KIMA Makassar dan jalan Sanrangan. Populasi dalam penelitian ini adalah seluruh moda kendaraan dan hambatan samping yaitu pejalan kaki keluar masuk sisi segmen jalan, kendaraan berhenti dan parkir, kendaraan keluar masuk sisi segmen jalan Perintis Kemerdekaan kawasan Sanrangan.

Untuk memudahkan pengambilan data maka dilakukan sistem *sampling accidental*, yaitu penentuan sampel berdasarkan kebetulan, yaitu siapa saja yang secara kebetulan melalui ruas jalan yang diteliti pada saat dilaksanakan survey lapangan. Pengambilan sampel dilakukan berdasarkan sampel hari kerja yaitu hari Senin, Rabu dan Jum'at, pada jam puncak (*Peak Hour*) pagi, siang dan sore.



4. Hasil dan Pembahasan

Berdasarkan hasil analisis untuk arah Makassar-Maros (arah 1-2) diperoleh arus lalu lintas puncak pagi hari Senin, Rabu dan Jum'at terjadi di periode waktu yang sama yaitu pada pukul 07.00 - 08.00 WITA. Arus lalu lintas puncak siang hari Senin, Rabu dan Jum'at terjadi di periode waktu yang sama yaitu pada pukul 11.00 -12.00 WITA dan arus lalu lintas puncak sore hari Senin terjadi pada pukul 17.00 - 18.00 WITA, sedangkan untuk hari Rabu dan Jum'at terjadi di periode waktu yang sama yaitu pada pukul 16.00 - 17.00 WITA. Untuk arah Maros-Makassar (arah 2-1) arus lalu lintas puncak pagi hari Senin, Rabu dan Jum'at terjadi di periode waktu yang sama yaitu pada pukul 07.00 - 08.00 WITA, arus lalu lintas puncak siang hari Senin, Rabu dan Jum'at terjadi di periode waktu yang sama yaitu pada pukul 11.00 - 12.00 WITA, dan arus lalu lintas puncak sore hari Senin terjadi pada pukul 17.00 - 18.00 WITA, sedangkan untuk hari Rabu dan Jum'at terjadi di periode waktu yang sama yaitu pada pukul 16.00 - 17.00 WITA.

Untuk kecepatan perjalanan rata-rata arah Makassar-Maros (arah 1-2) diperoleh Kecepatan terendah pada jam puncak pagi hari Senin, Rabu dan Jum'at terjadi di waktu yang sama yaitu pada pukul 07.00 - 08.00 WITA, kecepatan terendah pada jam puncak siang hari Senin dan Rabu terjadi di waktu yang sama yaitu pada pukul 13.00 - 14.00 WITA sedangkan hari Jum'at pada pukul 11.00 - 12.00 WITA, dan kecepatan terendah pada jam puncak sore hari Senin, Rabu dan Jum'at terjadi pada pukul 16.00 - 17.00 WITA.

Untuk kecepatan perjalanan rata-rata arah Maros-Makassar (arah 2-1), kecepatan terendah pada jam puncak pagi hari Senin, Rabu dan Jum'at terjadi di periode waktu yang sama yaitu pada pukul 07.00 - 08.00 WITA, kecepatan terendah pada jam puncak siang hari Senin dan Jum'at terjadi di periode waktu yang sama pada pukul 13.00 - 14.00 WITA sedangkan untuk hari Rabu terjadi pada periode waktu pukul 11.00 - 12.00 WITA, dan kecepatan terendah pada jam puncak sore hari Senin, Rabu dan Jum'at terjadi pada pukul 16.00 - 17.00 WITA.

Untuk bobot hambatan samping dari tiga lokasi konflik lalu lintas di jalan Perintis

Kemerdekaan didapatkan nilai bobot hambatan samping tertinggi terjadi pada hari senin tanggal 8 Januari 2018 pada periode waktu jam puncak pagi pukul 07:00 - 08:00 WITA sebesar 3420,9 dengan kategori kelas hambatan samping sangat tinggi (very high). Hal ini disebabkan karena pada periode waktu tersebut merupakan periode waktu para pekerja, siswa dan pekerja pabrik sekitar kawasan sanrangan memulai aktivitasnya.

Pada lokasi konflik pertama yang terletak pada jalan Asrama Haji Lama merupakan satu-satunya akses untuk menuju sarana pendidikan yang terdiri dari: sekolah Madrasah Ibtidaiyah Negeri (MIN 2), Madrasah Tsanawiyah Negeri 2 (MTsN 2), Madrasah Aliyah Negeri 3 (MAN 3), dan Sekolah Tinggi Agama Islam (STAI) Al Furqan. Pada lokasi ini sering terjadi hambatan samping yang diakibatkan oleh banyaknya kendaraan umum yang melambat dan berhenti untuk menaikturunkan siswa/mahasiswa, kendaraan roda dua pengantar/penjemput siswa yang keluar masuk dan langsung menyeberang/memotong arus lalu lintas, dan pejalan kaki yang menyeberang jalan.

Pada Lokasi konflik yang kedua terletak pada akses jalan masuk PT. KIMA Makassar yang merupakan kawasan industri. Pada lokasi ini hambatan samping disebabkan oleh pekerja pabrik PT. KIMA yang melintas dan menyeberang jalan Perintis Kemerdekaan, dan kendaraan roda dua yang berasal dan yang akan menuju PT. KIMA.

Lokasi konflik ketiga terletak pada akses masuk jalan Sanrangan. Jalan Sanrangan ini merupakan jalan akses menuju ke beberapa perumahan dan sarana pendidikan. Pada jam puncak terjadi kenaikan pergerakan kendaraan dan orang yang keluar masuk pada jalan Sanrangan yang menyebabkan terjadinya hambatan samping dan berdampak pada kinerja jalan Perintis Kemerdekaan kawasan Sanrangan.

Untuk lebih jelasnya mengenai penentuan kelas hambatan samping berdasarkan jumlah bobot kejadian dapat dilihat pada Tabel 1 dan hasil analisis hambatan samping di tiga lokasi konflik pada jalan Perintis Kemerdekaan kawasan Sanrangan dapat dilihat sebagaimana diuraikan pada Tabel 2-5 berikut:



Tabel 1. Penentuan kelas hambatan samping untuk jalan perkotaan

Kelas Hambatan Samping	Kode	Jumlah Bobot Kejadian per 200 m per jam (Dua Sisi)
Sangat Rendah	VL	< 100
Rendah	L	100 - 299
Sedang	M	200-499
Tinggi	H	500 - 899
Sangat Tinggi	VH	>900

Tabel 2. Frekuensi bobot kejadian dan kelas hambatan samping jalan Perintis Kemerdekaan kawasan Sanrangan

Hari	Waktu	Total Berbobot	Kelas Hambatan
		Hambatan Samping	Samping (FC _{SF})
Senin 8 Januari 2018	07.00 - 08.00	3420,9	<i>Very High</i>
	08.00 - 09.00	1229,0	<i>Very High</i>
	11.00 - 12.00	940,5	<i>Very High</i>
	12.00 - 13.00	1262,1	<i>Very High</i>
	13.00 - 14.00	1461,2	<i>Very High</i>
	16.00 - 17.00	1214,8	<i>Very High</i>
	17.00 - 18.00	1375,7	<i>Very High</i>
Rabu 10 Januari 2018	07.00 - 08.00	2378,9	<i>Very High</i>
	08.00 - 09.00	1393,6	<i>Very High</i>
	11.00 - 12.00	1006,9	<i>Very High</i>
	12.00 - 13.00	1082,5	<i>Very High</i>
	13.00 - 14.00	1031,4	<i>Very High</i>
	16.00 - 17.00	1427,6	<i>Very High</i>
	17.00 - 18.00	1618,1	<i>Very High</i>
Jum'at 12 Januari 2018	07.00 - 08.00	2624,6	<i>Very High</i>
	08.00 - 09.00	1022,7	<i>Very High</i>
	11.00 - 12.00	1635,8	<i>Very High</i>
	12.00 - 13.00	1106,7	<i>Very High</i>
	13.00 - 14.00	1468,1	<i>Very High</i>
	16.00 - 17.00	1653,9	<i>Very High</i>
	17.00 - 18.00	1408,6	<i>Very High</i>

Tabel 3. Frekuensi bobot kejadian hambatan samping jalan Asrama Haji Lama

No	Tanggal	Jam	Pejalan Kaki (In)	Pejalan Kaki (Out)	Motor (In)	Motor (Out)	Mobil (In)	Mobil (Out)	Kend. Berhenti
1	Senin 08/01/2018	07:00 - 08:00	130	6,5	487,2	447,3	56,0	51,1	2
		08:00 - 09:00	22,5	22,5	46,2	42,0	8,4	14,0	5
		11:00 - 12:00	11,5	15,0	54,6	48,3	6,3	2,8	25
		12:00 - 13:00	27,0	49,0	111,3	116,2	9,8	9,1	25
		13:00 - 14:00	6,0	295,5	67,2	86,8	15,4	14,7	71
		16:00 - 17:00	7,0	21,0	32,9	56,7	4,9	4,2	22
		17:00 - 18:00	7,0	17,0	28,0	30,8	2,8	4,9	25



No	Tanggal	Jam	Pejalan Kaki (In)	Pejalan Kaki (Out)	Motor (In)	Motor (Out)	Mobil (In)	Mobil (Out)	Kend. Berhenti
2	Rabu 10/01/2018	07:00 - 08:00	160,0	15,5	359,8	333,9	48,3	45,5	3
		08:00 - 09:00	10,0	2,0	42,7	43,4	7,0	7,7	19
		11:00 - 12:00	7,0	10,5	58,1	63,0	5,6	5,6	24
		12:00 - 13:00	8,5	31,5	88,2	75,6	11,9	9,1	45
		13:00 - 14:00	6,5	23,5	88,9	74,9	16,1	13,3	34
		16:00 - 17:00	0	15,0	29,4	38,5	4,9	7,0	42
		17:00 - 18:00	5,0	15,0	26,6	33,6	4,9	4,9	40
3	Jum'at 12/01/2018	07:00 - 08:00	113,5	12,0	357,0	252	77,7	100,1	7
		08:00 - 09:00	8,0	1,5	49,7	39,2	14,7	18,9	26
		11:00 - 12:00	13,0	149,5	147,7	189,0	26,6	38,5	86
		12:00 - 13:00	5,0	8,5	21,7	26,6	2,1	2,1	25
		13:00 - 14:00	17,5	163,0	57,4	72,8	11,9	11,2	69
		16:00 - 17:00	2,5	3,5	39,2	28,0	2,8	3,5	30
		17:00 - 18:00	2,5	72,0	44,8	79,8	3,5	4,9	55

Tabel 4. Frekuensi bobot kejadian hambatan samping jalan masuk PT. KIMA

No	Tanggal	Jam	Pejalan Kaki (In)	Pejalan Kaki (Out)	Motor (In)	Motor (Out)	Mobil (In)	Mobil (Out)	Kend. Berhenti
1	Senin 08/01/2018	07:00 - 08:00	87,0	34,5	371,7	110,6	4,9	6,3	36
		08:00 - 09:00	8,0	7,0	119,0	44,8	6,3	7,7	17
		11:00 - 12:00	3,5	2,0	65,8	54,6	7,7	5,6	23
		12:00 - 13:00	5,5	3,5	95,2	84,7	3,5	5,6	33
		13:00 - 14:00	1,0	11,0	95,2	71,4	11,2	4,2	23
		16:00 - 17:00	4,5	37,0	92,4	211,4	6,3	5,6	20
		17:00 - 18:00	1,0	11,5	78,4	147,0	2,8	6,3	9
2	Rabu 10/01/2018	07:00 - 08:00	47,0	33,5	163,8	110,6	1,4	13,3	1
		08:00 - 09:00	45,5	20,0	317,1	51,1	6,3	1,4	3
		11:00 - 12:00	8,5	3,5	72,1	63,7	8,4	9,1	13
		12:00 - 13:00	1,0	2,0	70,7	71,4	7,0	5,6	8
		13:00 - 14:00	2,5	5,0	73,5	59,5	5,6	5,6	14
		16:00 - 17:00	4,0	58,0	94,5	218,4	5,6	7,0	16
		17:00 - 18:00	3,5	15,0	102,2	165,9	2,8	6,3	10
3	Jum'at 12/01/2018	07:00 - 08:00	44,5	19,5	238,7	98,7	3,5	4,9	14
		08:00 - 09:00	14,0	2,5	192,5	72,1	7,0	3,5	9
		11:00 - 12:00	19,0	9,0	126,0	201,6	3,5	6,3	12
		12:00 - 13:00	9,5	6,0	110,6	114,8	9,1	7,7	9
		13:00 - 14:00	12,5	1,5	139,3	55,3	9,1	4,2	13
		16:00 - 17:00	1,5	48,0	86,8	214,9	7,0	7,7	27
		17:00 - 18:00	2,5	41,5	84,0	203,0	4,9	4,9	15



Tabel 5. Frekuensi bobot kejadian hambatan samping jalan Sanrangan

No	Tanggal	Jam	Pejalan	Pejalan	Motor	Motor	Mobil	Mobil	Kend. Berhenti
			Kaki (In)	Kaki (Out)	(In)	(Out)	(In)	(Out)	
1	Senin 08/01/2018	07:00 - 08:00	7,0	71,5	374,5	953,4	31,5	116,9	35
		08:00 - 09:00	5,5	11,5	235,9	470,4	46,2	58,1	31
		11:00 - 12:00	4,5	8,0	226,1	224	74,2	56,0	22
		12:00 - 13:00	6,5	3,0	277,9	242,2	58,8	41,3	27
		13:00 - 14:00	11,5	10,0	147,7	360,5	76,3	47,6	34
		16:00 - 17:00	30,0	8,0	338,1	187,6	72,1	30,1	23
		17:00 - 18:00	17,0	4,5	500,5	230,3	191,8	44,1	16
2	Rabu 10/01/2018	07:00 - 08:00	5,5	38,5	203,0	660,1	35,7	73,5	26
		08:00 - 09:00	4,5	13,5	245,0	450,8	45,5	30,1	28
		11:00 - 12:00	5,0	3,5	260,4	256,9	61,6	43,4	24
		12:00 - 13:00	7,0	8,0	291,9	221,2	56,0	39,9	23
		13:00 - 14:00	11,5	5,5	221,9	242,9	58,1	40,6	28
		16:00 - 17:00	18,5	2,5	482,3	253,4	78,4	39,2	13
		17:00 - 18:00	17,5	4,0	674,1	272,3	145,6	46,9	22
3	Jum'at 12/01/2018	07:00 - 08:00	6,5	35	310,8	685,3	68,6	146,3	29
		08:00 - 09:00	4,5	8,5	134,4	260,4	69,3	70,0	17
		11:00 - 12:00	5,5	7,5	264,6	199,5	65,1	46,9	19
		12:00 - 13:00	21,0	8,5	329,0	239,4	73,5	40,6	37
		13:00 - 14:00	27,0	11,5	254,1	376,6	59,5	70,7	31
		16:00 - 17:00	14,5	6,0	625,1	300,3	133,7	46,9	25
		17:00 - 18:00	17,5	3,0	403,9	189,0	129,5	29,4	18

Tabel 6. Kecepatan perjalanan kendaraan rata-rata kawasan Sanrangan

No	Tanggal	Jam	Kecepatan (km/jam)
1	Senin 08/01/2018	07:00 - 08:00	10,62
		08:00 - 09:00	20,73
		11:00 - 12:00	27,30
		12:00 - 13:00	24,24
		13:00 - 14:00	18,87
		16:00 - 17:00	24,03
		17:00 - 18:00	31,60
2	Rabu 10/01/2018	07:00 - 08:00	12,57
		08:00 - 09:00	25,56
		11:00 - 12:00	24,81
		12:00 - 13:00	26,80
		13:00 - 14:00	23,00
		16:00 - 17:00	26,45
		17:00 - 18:00	29,79
3	Jum'at 12/01/2018	07:00 - 08:00	23,29
		08:00 - 09:00	23,40
		11:00 - 12:00	20,93
		12:00 - 13:00	26,12
		13:00 - 14:00	21,30
		16:00 - 17:00	22,99
		17:00 - 18:00	28,72



Tabel 7. Korelasi kontribusi hambatan samping terhadap kecepatan perjalanan rata-rata

Model	R	R ²	Adjusted R ²	Std. Error of the Estimate
1	0,943 ^a	0,890	0,830	2,07457

Tabel 8. Uji kemaknaan variabel hambatan samping dengan F- test

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	450,629	7	64,376	14,958	,000 ^b
	Residual	55,950	13	4,304		
	Total	506,579	20			

Tabel 9. Besar kontribusi hambatan samping terhadap kecepatan perjalanan rata-rata

Analisis kondisi	R ² %	R ² Eksisting - R ² %
<i>Eksisting</i>	89	-
Tanpa Faktor Pejalan Kaki masuk (<i>in</i>)	88,9	0,1
Tanpa Faktor Pejalan Kaki Keluar (<i>out</i>)	88,5	0,5
Tanpa Faktor motor masuk (<i>in</i>)	84,2	4,8
Tanpa Faktor motor Keluar (<i>out</i>)	81,2	7,8
Tanpa Faktor mobil masuk (<i>in</i>)	88,6	0,4
Tanpa Faktor mobil Keluar (<i>out</i>)	87,8	1,2
Tanpa Faktor kendaraan berhenti	87,8	1,2

Berdasarkan hasil analisis korelasi kontribusi hambatan samping terhadap kecepatan perjalanan rata-rata pada Tabel 7, diperoleh nilai R sebesar 0.943. Hal ini menunjukkan bahwa terjadi hubungan yang sangat kuat antara variabel bebas (X) yang terdiri dari: Pejalan kaki masuk (*in*), pejalan kaki keluar (*out*), motor masuk (*in*), motor keluar (*out*), mobil masuk (*in*), mobil keluar (*out*), dan kendaraan berhenti terhadap variabel terikat yaitu kecepatan perjalanan rata-rata (Y).

Pada Tabel 7 juga diperoleh angka R² (R square) sebesar 0.890 atau 89%. Hal ini menunjukkan bahwa persentase pengaruh variabel bebas (X) terhadap variabel terikat (Y) sebesar 89%, Sedangkan sisanya 11% dipengaruhi atau dijelaskan oleh variabel lain yang tidak dimasukkan dalam model penelitian ini. Berdasarkan Uji kemaknaan variabel hambatan

samping dengan F-Test pada Tabel 8 terlihat bahwa nilai signifikan $0.000 < 0.005$ maka H₀ yang menyatakan bahwa tidak ada pengaruh secara signifikan antara pejalan kaki masuk (*in*), pejalan kaki keluar (*out*), motor masuk (*in*), motor keluar (*out*), mobil masuk (*in*), mobil keluar (*out*), dan kendaraan berhenti terhadap kecepatan perjalanan rata-rata (Y) ditolak, sehingga dapat disimpulkan bahwa variabel bebas (X) berpengaruh secara signifikan terhadap kecepatan perjalanan rata-rata (Y).

Berdasarkan besar kontribusi hambatan samping terhadap kecepatan perjalanan rata-rata pada Tabel 9 dapat diketahui bahwa variabel hambatan samping yang memiliki pengaruh paling dominan terhadap kecepatan perjalanan rata-rata pada jalan Perintis Kemerdekaan kawasan Sanrangan adalah variabel motor keluar



dari jalan yang berada di sisi segmen jalan Perintis Kemerdekaan dengan dengan selisih nilai R square persamaan regresi linier pada kondisi eksisting dan kondisi yang ditinjau (setelah menghilangkan variabel-variabel yang ditinjau) sebesar 7,8% dengan nilai R square eksisting sebesar 89 %.

5. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis menunjukkan bahwa Jenis hambatan samping yang memiliki pengaruh dominan terhadap kinerja jalan Perintis Kemerdekaan kawasan Sanrangan adalah sepeda motor yang keluar (motor out) dari jalan yang berada di sisi segmen jalan tersebut dengan selisih nilai R square persamaan regresi linier pada kondisi eksisting dan kondisi yang ditinjau (setelah menghilangkan variabel-variabel yang ditinjau) sebesar 7,8% dengan nilai R square eksisting sebesar 89 %. Rekomendasi solusi penanganan permasalahan lalu lintas pada jalan Perintis Kemerdekaan kawasan Sanrangan yang memungkinkan adalah dengan memasang rambu lalu lintas di beberapa titik, pemasangan separator atau median jalan dan juga membuat penyeberangan zebra (*zebra cross*).

Referensi

- [1] Navya S. V., et al. 2013. *Trip Generation Model for The Core Area of Thiruvananthapuram City*. International Journal of Innovative Research in Science Engineering and Technology., Vol. 2, No.1, pp. 1– 8.
- [2] Kurniawan, S., 2015. *Analisis Hambatan Samping Akibat Aktivitas Perdagangan Modern*. Tapak Vol. 5 No. 1.
- [3] Syahputra, R., dkk. 2015. *Pengaruh Hambatan Samping terhadap Kinerja Lalu Lintas Jalan Nasional (Studi Kasus Jalan Proklamator Raya – Pasar Bandarjaya Plaza)*. JRSDD Edisi September 2015 Vol. 3, No. 3, Hal: 441 – 454.
- [4] Funan, G. A., dkk. 2014. *Studi Kinerja Jalan Akibat Hambatan Samping di Jalan Timor Raya Depan Pasar Oesao Kabupaten Kupang*. Jurnal Teknik Sipil Vol. III, No. 1.
- [5] Muis, M. 2013. *Analisis Model Karakteristik Lalu lintas pada Ruas Jalan Perintis Kemerdekaan di Kota Makassar*. Skripsi. Universitas Hasanuddin.
- [6] Direktorat Jenderal Perhubungan Darat, Direktorat Bina Sistem Lalu Lintas dan Angkutan Kota. 1995. *Pedoman Pengumpulan Data Lalu Lintas Jalan*. Jakarta.
- [7] Winayati. 2016. *Analisis Pengaruh Kecepatan Dan Hambatan Samping terhadap Kapasitas Jalan (Studi Kasus: Jalan Kaharuddin Nasution Pekanbaru)*. Jurnal Teknik Sipil Siklus. Vol. 2 No. 2.



Optimasi Perhitungan Jarak antara Kendaraan

Nurul Fathanah Mustamin^{1*}, Indrabayu², Intan Sari Areni¹

¹Departemen Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin, Makassar

²Departemen Teknik Informatika, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin, Makassar

Jl. Poros Malino km. 6, Bontomarannu, Kabupaten Gowa, Sulawesi Selatan 92171

*Email: nurul.fathanah.576@gmail.com

DOI: 10.25042/jpe.112018.02

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk merancang sebuah sistem estimasi jarak relatif antara kendaraan sebagai penelitian awal untuk konsep pengemudi tanpa awak agar berkendara dengan aman dan terhindar dari tabrakan. Sistem deteksi ini terdiri atas tahap deteksi dengan metode *Histogram of Oriented Gradients* (HOG) dan tahap estimasi jarak antara kendaraan dengan metode *Width Based*. Kendaraan yang digunakan pada penelitian ini adalah jenis *city car* dan *van*. Hasil deteksi kendaraan untuk jenis *city car* diperoleh persentase rata-rata TPR (*True Positive Rate*) sebesar 92% sedangkan mobil jenis *van* mendapatkan persentase rata-rata TPR sebesar 64% untuk 5 video yang di uji. Untuk hasil estimasi jarak relatif antara kendaraan diperoleh untuk jenis mobil *city car* menunjukkan hasil yang lebih baik dengan nilai MSE 0,29 dan untuk mobil jenis *van* dengan nilai MSE 0,55.

Abstract

Optimization of Distance Calculation between Vehicles. This study aims to design a system of estimated relative distance between vehicles as initial research for the concept of unmanned drivers to drive safely and avoid collisions. This system consists of vehicle detection phase with Histogram of Oriented Gradients (HOG) method and distance estimation phase between vehicles with Width Based method. Vehicles used in this study are the type of city car and van. The result of vehicle detection for the city car obtained the average percentage of TPR (True Positive Rate) of 92% while the van type get an average percentage of TPR of 64% for 5 videos tested. To estimation result of relative distance, city car shows better result with value of MSE 0.29 and for van type with MSE of 0.55.

Kata Kunci: HOG, MSE, TPR, unmanned drivers, width based,

1. Pendahuluan

Perkembangan industri otomotif di Indonesia menunjukkan peningkatan yang signifikan setiap tahunnya. Posisinya bahkan menjadi tulang punggung pemerintah dalam mewujudkan target pertumbuhan industri sebesar 5,67% bersama dengan sektor industri elektronik, kimia farmasi, serta makanan dan minuman [1, 2].

Perkembangan ini sejalan dengan meningkatnya teknologi otomotif yang disebut dengan *connected cars* menjadi sebuah trend baru, dimana teknologi seperti kendaraan digital dengan *Wi-Fi*, sistem infotainment yang canggih dengan aplikasi ponsel, komunikasi kendaraan-ke-kendaraan (*vehicle-to-vehicle*) yang memungkinkan mobil untuk berkomunikasi satu sama lain di jalanan. Mobil dengan sistem cerdas ini mengalir dari ruang desain ke aplikasi di jalan.

Kendaraan otonom (*autonomous vehicle*) juga merupakan salah satu fitur penting masa depan bagi industri otomotif [3].

Industri otomotif telah lama berinvestasi dalam pengembangan sistem otonom yang membuat kendaraan mengemudi sendiri dan meminimalkan campur tangan manusia (*manless*). Dalam proses pembangunan tersebut, *antilock brakes*, *auto-parking systems*, transmisi gigi otomatis, *distance warning* dan *cruise control* diperkenalkan sebagai prekursor dari sistem otonom dan sekarang diadopsi sebagai *Advanced Driver Assistance System* (ADAS) [4].

Kolaborasi industri otomotif dan akademis dalam pengembangan sistem mengemudi secara otomatis juga telah dimulai. Sebagai contoh, Google telah berhasil menguji mobil otonomnya, sementara Ford, MIT, dan Stanford University



telah bekerja sama untuk meningkatkan kecerdasan sistem mengemudi tanpa awak. Sistem *driverless* tersebut dirancang untuk menawarkan pengalaman berkendara yang lebih menyenangkan dan nyaman dengan mengurangi input dan usaha manusia yang tidak perlu. Mobil Google ini dilengkapi dengan beberapa sensor seperti kamera, *lasers*, *gps*, *radars* dan *wheel encoders* [5-7].

Mobil otonom Google atau lebih dikenal dengan Waymo sudah berhasil di uji di jalanan. Tetapi, ada beberapa keterbatasan dalam hal sensornya. Pada tanggal 28 agustus 2014 dilaporkan bahwa prototipe terbaru Google belum diuji dalam hujan lebat atau salju karena masalah keamanan. Kendaraan mengalami kesulitan mengidentifikasi benda-benda, seperti sampah dan puing-puing kecil, sehingga menyebabkan kendaraan berbelok yang tidak perlu. Selain itu, teknologi LIDAR tidak dapat menemukan jalan berlubang atau melihat manusia, seperti seorang petugas polisi, memberi sinyal kepada mobil untuk berhenti [8, 9].

Penggunaan sensor aktif memberikan hasil yang sangat baik untuk mendeteksi kendaraan, tetapi selain harganya yang mahal untuk beberapa tipe sensor, juga akan menghadapi kesulitan seperti gangguan sensor saat beberapa mobil menggunakan teknologi yang sama. Sensor pasif atau yang lebih dikenal dengan sebutan *Vision Based Sensor* seperti kamera memperoleh data tanpa memancarkan sinyal atau tanpa mengganggu kendaraan lain. Sensor pasif dapat menggunakan kamera tunggal, kamera stereo atau beberapa kamera [10, 11].

Ada dua langkah yang harus dilakukan untuk dapat mengetahui jarak antara kendaraan dengan menggunakan kamera. Langkah pertama adalah mendeteksi dan melacak letak kendaraan yang berada di depan. Kemudian langkah selanjutnya memperkirakan jarak antara kendaraan. Penelitian untuk estimasi jarak antara kendaraan telah dilakukan oleh penulis pada tahun 2017 namun uji coba dilakukan hanya dengan satu jenis mobil saja, yaitu jenis van. Hasil penelitian menunjukkan rata-rata persentase TPR sebesar 75% dan 47% dengan nilai MSE 0,33 [12].

Oleh karena itu, pada penelitian ini diuraikan hasil estimasi jarak antara kendaraan dengan menggunakan dua jenis kendaraan, yaitu *city car* dan *van*. Adapun metode yang digunakan yaitu metode *Histogram of Oriented Gradients* (HOG) untuk tahap deteksi kendaraan dan metode *width based* untuk estimasi jarak antar kendaraan.

2. Materi dan Metode

2.1. Data Sampel

Data masukan pada penelitian ini berupa video hasil rekaman kamera dengan spesifikasi 12 megapixel (720x1280). Data video dibagi menjadi data latih dan data uji. Data latih yang digunakan berjumlah 2831 sampel positif dan 5470 untuk sampel negatif. Sedangkan untuk data uji digunakan 10 data video berdurasi 5 detik dengan total frame sebanyak 1500.

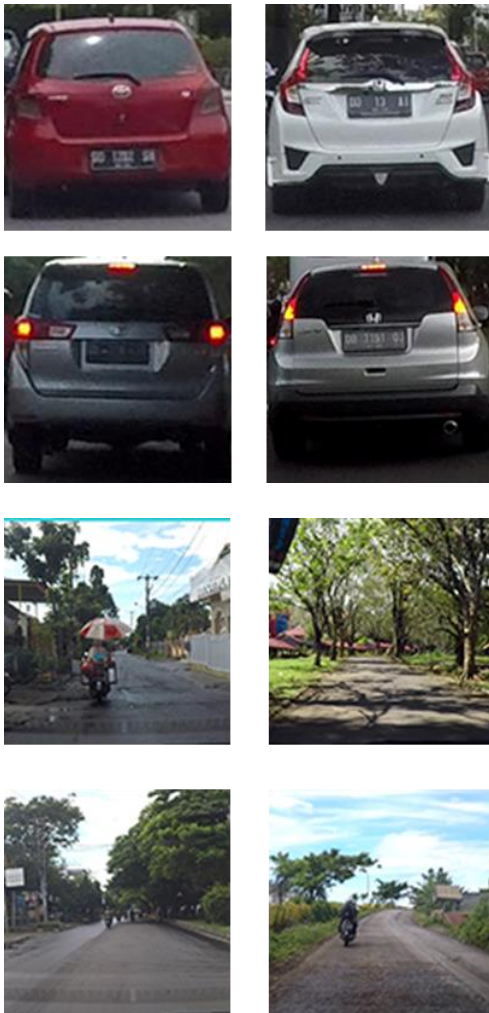
Gambar 1 memperlihatkan contoh jenis sampel positif dan sampel negative yang merupakan data latih.

2.2. Metode Deteksi Kendaraan

Metode deteksi kendaraan yang digunakan pada penelitian ini yaitu metode *Histogram of Oriented Gradients* (HOG) untuk mengekstraksi fitur pada obyek gambar mobil. Gambar 3 memperlihatkan contoh fitur HOG pada deteksi mobil. *Histogram of Oriented Gradients* adalah algoritma yang digunakan untuk mengekstraksi fitur pada obyek gambar. Berdasarkan langkahnya, proses awal pada metode HOG adalah mengkonversi citra RGB (*Red, Green, Blue*) menjadi *grayscale*, yang kemudian dilanjutkan dengan menghitung nilai gradien setiap piksel. Setelah mendapatkan nilai gradien, maka proses selanjutnya yaitu menentukan jumlah bin orientasi yang akan digunakan dalam pembuatan histogram. Proses ini disebut *spatial orientation binning*. Namun sebelumnya pada proses *gradient compute* gambar pelatihan dibagi menjadi beberapa *cell* dan dikelompokkan menjadi ukuran lebih besar yang dinamakan *block*. Sedangkan pada proses normalisasi *block* digunakan perhitungan geometri R-HOG. Proses ini dilakukan karena terdapat *block* yang saling tumpang tindih. Berbeda dengan proses pembuatan histogram citra



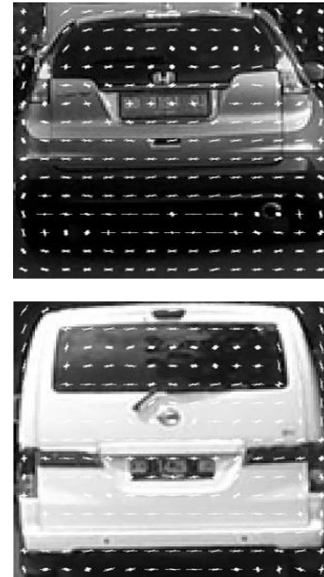
yang menggunakan nilai-nilai intensitas piksel dari suatu citra atau bagian tertentu dari citra untuk pembuatan histogramnya [13, 14].



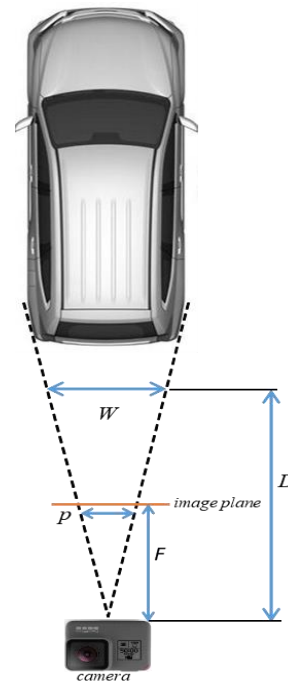
Gambar 1. Sampel positif mobil jenis *city car* dan *van*; Sampel negatif objek selain mobil

2.3. Metode *Width Based*

Ilustrasi sistem estimasi jarak berdasarkan lebar kendaraan diperlihatkan pada Gambar 3. Dari Gambar 3 dapat diketahui bahwa, W merupakan lebar kendaraan sebenarnya, D adalah jarak dari kamera ke kendaraan sebenarnya, p merupakan lebar kendaraan dalam *pixel* dan F merupakan panjang fokal pada ruang *pixel* yang dapat diperoleh dengan persamaan berikut [15].



Gambar 2. Fitur HOG pada deteksi mobil



Gambar 3. Sistem estimasi jarak menggunakan lebar kendaraan

$$F = \frac{(p \times D)}{W} \tag{1}$$

Setelah nilai F didapatkan maka estimasi jarak antar kendaraan (D') dapat dihitung dengan menggunakan rumus:

$$D' = \frac{(W \times F)}{p} \tag{2}$$

2.4. Metode Validasi

Untuk mengetahui unjuk kerja dari sistem yang dibuat, ada dua parameter yang digunakan, yaitu *True Positive Rate* (TPR) untuk deteksi kendaraan dan *Mean Squared Error* (MSE) untuk estimasi jarak antara kendaraan. TPR atau dikenal dengan *sensitivity* diperoleh berdasarkan *Confusion Matrix* pada Gambar 4. TPR dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut [16].

$$TRP = \frac{TP}{TP + FN} \tag{3}$$

dimana TP (*True Positive*) merupakan *bounding box* pada objek kendaraan, FN (*False Negative*) merupakan merupakan objek kendaraan yang tidak di *bounding box*.

Sedangkan untuk nilai MSE diperoleh berdasarkan persamaan berikut [17].

$$MSE = \frac{\sum_{t=1}^n e_t^2}{n} \tag{4}$$

dimana *n* adalah jumlah data, *e_t* adalah jumlah error pada nilai *x_t - x_{t'}*, *x_t* merupakan nilai aktual sedangkan *x_{t'}* merupakan nilai hasil estimasi. Nilai MSE dikatakan baik digunakan ketika hasil error yang didapatkan sangat rendah atau mencapai nilai 0 [17].

	Hasil deteksi (terbounding box)	Hasil deteksi (Tidak Terbounding Box)
Kondisi aktual (Ada Kendaraan)	True Positif (TP)	False Negative (FN)
Kondisi aktual (Bukan Kendaraan)	False Positive (FP)	True Negative (TN)

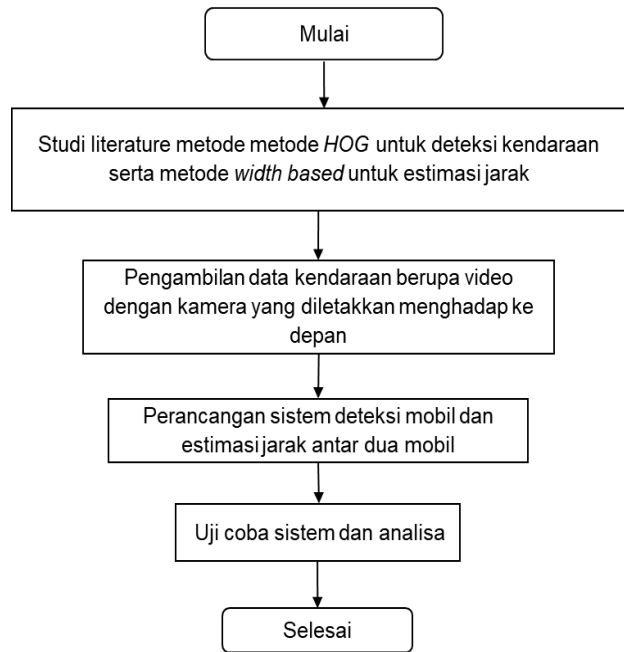
Gambar 4. Confusion matrix

2.5. Rancangan Sistem

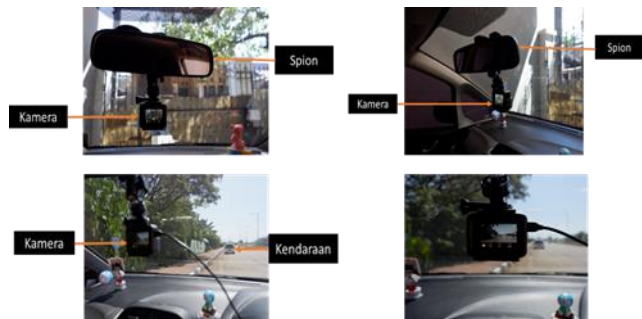
Perancangan sistem yang dilakukan pada penelitian ini, dapat dilihat pada Gambar 7. Tahapan-tahapan yang dilakukan untuk membuat sistem deteksi kendaraan dan estimasi jarak dijelaskan sebagai berikut:

- Input video

Input data berupa video yang telah diambil pada tahap pengumpulan data. Skenario pengambilan data diperlihatkan pada Gambar Penelitian ini menggunakan video berformat mp4 dengan ukuran frame 720x1280 piksel. *Frame rate* untuk tiap video menggunakan 30 fps. Durasi video yang digunakan untuk pengujian sistem adalah 5 detik untuk semua video.



Gambar 5. Tahapan-tahapan penelitian



Gambar 6. Teknik pengambilan data

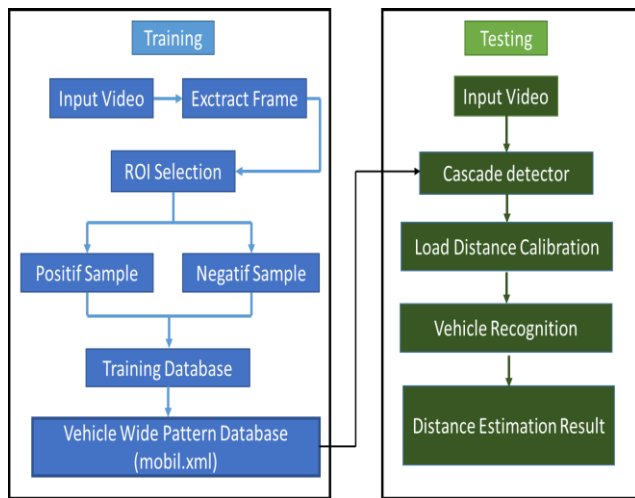
- Ekstrak Frame

Hasil video rekaman di ekstrak dalam bentuk frame yang menjadi masukan pada aplikasi *Training Image Labeler* pada Matlab R2016b. Pada tahap ini hanya dipilih frame yang memiliki objek kendaraan di dalamnya. Sedangkan frame yang tidak memiliki objek kendaraan akan di

masukkan ke dalam folder data sampel negatif. Contoh ekstrak frame dapat dilihat pada Gambar 8.

- Pemilihan *Region of Interest* (ROI)

Pemilihan ROI dilakukan pada objek yang dinyatakan positif sebagai kendaraan. Objek ini nantinya akan di simpan dan dijadikan sebagai sampel positif kendaraan. Jenis kendaraan yang digunakan untuk sampel positif adalah mobil kecil dan mobil besar dalam penelitian ini disebut dengan city car dan van. Proses pemilihan ROI pada aplikasi matlab dapat dilihat pada Gambar 9.



Gambar 7. Desain sistem deteksi dan estimasi jarak relatif antara kendaraan



Gambar 8. Contoh ekstrak frame

- Sampel Positif dan Sampel Negatif

Sampel positif merupakan hasil dari pemilihan ROI pada ekstrak frame rekaman video. Hasil dari ROI tersebut di export ke dalam bentuk tabel. Tabel ini akan memuat informasi mengenai nama frame serta alamat pemilihan ROI dalam piksel frame. Kemudian hasil dari tabel ini akan disimpan dengan ekstensi .mat pada matlab.

Sedangkan sampel negatif merupakan data frame hasil rekaman video yang memuat sembarang pola selain objek kendaraan. Data sampel negatif dibutuhkan untuk pelatihan sistem cascade classifier.

- *Training Database*

Pada tahap ini dilakukan training pada sampel positif dan sampel negatif dengan langkah sebagai berikut:

- Load file sampel positif yang disimpan dalam ekstensi .mat kemudian pilih alamat bounding box dalam tabel.
- Tentukan folder untuk sampel negatif yang disimpan sebelumnya. Selanjutnya gambar negatif ini akan di simpan ke dalam *ImageDatastore*.
- Langkah selanjutnya adalah training sampel positif dan sampel negatif tersebut dengan menggunakan *cascade classifier object detector*. Pada tahap inilah akan dipilih jenis ekstraksi fitur digunakan. Tahap ini dilakukan dua kali yaitu menggunakan ekstraksi fitur HOG dan Haar.
- Tahap *train object detector* membutuhkan waktu yang cukup lama untuk melakukan pelatihan objek. Setelah selesai di train maka hasilnya disimpan dalam database.

- Database Pola Lebar Kendaraan

Database ini memuat informasi tentang pola sampel positif bentuk lebar kendaraan dari arah belakang serta pola negatif sembarang gambar tanpa objek kendaraan yang telah dilatih menggunakan *cascade classifier object detector*. Setelah selesai proses latih maka secara otomatis hasilnya akan tersimpan ke dalam database dengan ekstensi .xml pada matlab.

- Rekognisi Mobil

Pada tahap ini sistem akan melakukan deteksi terhadap objek kendaraan sesuai dengan database train yang telah dilakukan. Proses perhitungan seberapa banyak kendaraan yang terdeteksi benar dan seberapa banyak salah deteksi akan di validasi menggunakan *confusion matrix*.

- **Cascade Detector**

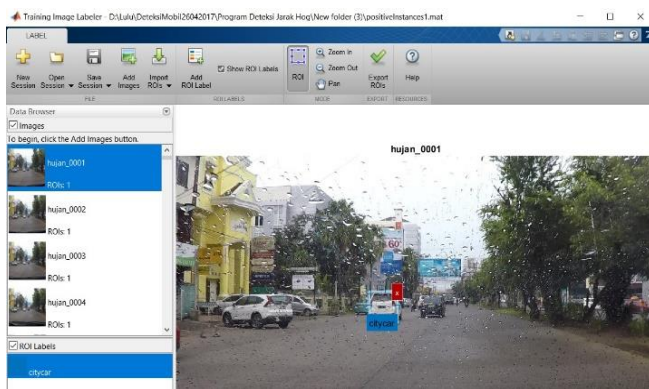
Pada tahap ini sistem akan melakukan uji data video baru berdasarkan data latih sebelumnya. Sistem akan di uji menggunakan HOG sebagai detektor latih.

- **Tampilkan Hasil Estimasi Jarak**

Tahap ini merupakan proses akhir dari sistem yang telah dibuat yaitu sistem secara otomatis akan menampilkan estimasi jarak kendaraan pada objek yang telah dideteksi sebelumnya. Hasil estimasi jarak tersebut nantinya akan divalidasi menggunakan *Mean Squared Error* (MSE).

- **Load Kalibrasi Ukur Jarak**

Kalibrasi ukur jarak merupakan proses pengukuran jarak antara kendaraan pada piksel frame disesuaikan dengan jarak sebenarnya yang telah di ukur secara manual. Proses ini berguna sebagai penentu estimasi jarak selanjutnya untuk proses testing.



Gambar 9. Pemilihan ROI

3. Hasil Penelitian

3.1. Validasi Deteksi Kendaraan

Teknik pengujian pada data video menggunakan sampling 30 frame karena deteksi kendaraan dilakukan tiap 1 detik. Hasil deteksi di dapatkan dari *Confusion Matrix* menggunakan persamaan (3).

Tabel 1 dan Tabel 2 merupakan hasil perhitungan persentase TPR dan waktu komputasi yang dibutuhkan metode HOG untuk mendeteksi kendaraan jenis *city car* pada Tabel 1 dan jenis *van* pada Tabel 2. Pada Tabel 1 persentase TPR menggunakan metode HOG untuk *city car* menunjukkan hasil yang sangat baik dengan rata-

rata TPR sebesar 92% untuk 5 video yang diuji. Selain itu *time processing* yang dibutuhkan oleh metode HOG dalam 5 video rata-rata mencapai 77,32 s atau 15,46 s per 30 frame dalam video.

Pada Tabel 2 persentase TPR menggunakan metode HOG untuk *van* menunjukkan hasil yang cukup baik dengan rata-rata TPR sebesar 64% untuk 5 video yang di uji. Selain itu *time processing* yang dibutuhkan oleh metode HOG dalam 5 buah video rata-rata mencapai 66,073 s atau 13,21 s per 30 frame dalam video.

Dari hasil TPR pada Tabel 1 dan Tabel 2 menunjukkan bahwa metode HOG pada penelitian ini bekerja lebih baik untuk jenis mobil *city car* dibandingkan dengan mobil *van*. Tetapi untuk *time processing*, waktu yang dibutuhkan untuk mengolah data mobil jenis *city car* jauh lebih lama dibandingkan dengan mobil *van*.

3.2. Validasi Estimasi Jarak Relatif antara Kendaraan

Hasil estimasi jarak relatif antara kendaraan yang didapatkan dari program yang dibuat, dibandingkan dengan jarak pengukuran kendaraan sebenarnya yang diukur secara manual menggunakan *marker* yang telah diberi pada badan jalan. Rumus (1) dan (2) digunakan untuk mendapatkan jarak relatif antar kendaraan dimasukkan ke dalam program yang telah dibuat.

Hasil pengukuran jarak relatif antar kendaraan untuk jenis mobil *city car* dan *van* dapat dilihat pada Tabel 3 dan 4.

Tabel 1. Hasil persentase TPR dan *time processing* untuk mobil jenis *city car*

Video	TPR	Time
1	100	76,573
2	80	77,802
3	80	74,730
4	100	77,395

Tabel 2. Hasil persentase TPR dan *time processing* untuk mobil jenis *van*

Video	TPR	Time
1	80	70,956
2	60	54,753
3	50	62,085
4	80	75,270



Tabel 3. Hasil pengukuran estimasi jarak relatif pada jenis mobil *city car*

Data	Jarak Real (m)	Estimasi Jarak (m)	Error	Square Error
1	5	5.55	-0.55	0
2	6	6.07	-0.07	0
3	7	7.04	-0.04	0
4	8	7.53	0.47	0
5	9	8.71	0.29	0
6	10	9.44	0.56	0
7	11	10.47	0.53	0
8	12	11.2	0.8	1
9	13	13.5	-0.5	0
10	14	13.01	0.99	1
11	15	14.59	0.41	0
MSE				0.295

Tabel 4. Hasil pengukuran estimasi jarak relatif pada jenis mobil *van*

Data	Jarak Real (m)	Estimasi Jarak (m)	Error	Square Error
1	5	4.99	0.01	0
2	6	5.94	0.06	0
3	7	6.73	0.27	0
4	8	7.93	0.07	0
5	9	8.61	0.39	0
6	10	9.94	0.06	0
7	11	10.54	0.46	0
8	12	11.08	0.92	1
9	13	11.53	1.47	2
10	14	12.91	1.09	1
11	15	13.81	1.19	1
MSE				0.551

Tabel 3 merupakan hasil estimasi jarak relatif antara kendaraan untuk jenis mobil *city car*. Hasil yang didapatkan menunjukkan nilai yang sangat baik dengan MSE 0,29. Sehingga hasilnya dapat digunakan sebagai sistem pada konsep pengendara tanpa awak untuk menjaga mobil tetap aman dan terhindar dari terjadinya tabrakan.

Untuk Tabel 4 yang merupakan hasil estimasi jarak relatif antara kendaraan untuk jenis mobil *van*. Hasil yang didapatkan menunjukkan nilai yang tidak terlalu baik dengan MSE 0,55. Sehingga

hasilnya dapat digunakan karena nilainya mendekati 0.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, menunjukkan bahwa metode HOG sangat baik dalam mendeteksi objek kendaraan terutama untuk jenis mobil *city car* dengan rata-rata persentase TPR sebesar 92% untuk 5 video yang di uji. Selain itu time processing yang dibutuhkan oleh metode HOG dalam 5 buah video rata-rata mencapai 77,32 s atau 15,46 s per 30 frame dalam video. Sedangkan untuk mobil jenis *van*, metode HOG mendapatkan rata-rata persentase TPR 64% untuk 5 video yang di uji.

Selain itu time processing yang dibutuhkan oleh metode HOG dalam 5 buah video rata-rata mencapai 66,07 s atau 13,21 s per 30 frame dalam video. Untuk hasil estimasi jarak relatif antara kendaraan, metode *width based* yang digunakan untuk jenis mobil *city car* menunjukkan hasil yang lebih baik dengan nilai MSE 0,29 dan untuk mobil jenis *van* dengan nilai MSE 0,55.

Referensi

- [1] Gaikindo, "2018, Sektor Otomotif Berpeluang Melaju," Indonesia, 03-May-2018.
- [2] Kemenperin, "Kemenperin Bidik Industri Tumbuh 5,6 Persen Tahun 2018," 11-Dec-2017.
- [3] Evan Hirsh, John Jullens, Reid Wilk, and Akshay Singh, "2016 Auto Industry Trends," 2016.
- [4] U. Ozguner, C. Stiller, and K. Redmill, "Systems for Safety and Autonomous Behavior in Cars: The DARPA Grand Challenge Experience," *Proc. IEEE*, vol. 95, no. 2, pp. 397–412, Feb. 2007.
- [5] Erico Guizzo, "How Google's Self-Driving Car Works," 18-Oct-2011.
- [6] T. M. Hayath, Shenaz Begum, Usman K, and Naveen Kumar G, "A Novel Review on Google Driverless Autonomous Vehicle," *Int. J. Adv. Sci. Res. Eng.*, 2017.
- [7] Elvina Nawaguna, "Ford teams with Stanford, MIT to research automated driving," *Reuters*, United State, 22-Jan-2014.
- [8] Joann Muller, "No Hands, No Feet: My Unnerving Ride in Google's Driverless Car," *Forbes*, 21-Mar-2013. [Online]. Available: <https://www.forbes.com/sites/joannmuller/2013/03/21/no-hands-no-feet-my-unnerving-ride-in-googles-driverless-car/>. [Accessed: 24-May-2018].
- [9] Lee Gomes, "Hidden Obstacles for Google's Self-Driving Cars," *MIT Technology Review*, 28-Aug-2014.



- [10] L. A. Rentería, C. Torre-Ferrero, M. I. Arenado, and J. M. P. Oria, "Monovision-based vehicle detection, distance and relative speed measurement in urban traffic," *IET Intell. Transp. Syst.*, vol. 8, no. 8, pp. 655–664, Dec. 2014.
- [11] J. Joseph Antony and Dr. M. Suchetha, "Vision Based Vehicle Detection: A Literature Review," *Int. J. Appl. Eng. Res.*, vol. 11, pp. 3128–3133, 2016.
- [12] Nurul Fathanah Mustamin, "Relative distance measurement between moving vehicles for manless driving," presented at the Isemantic, Semarang, 2017, pp. 1–4.
- [13] Ari Kurniawan and Marzuki Syahfirin, "Aplikasi Deteksi Objek Menggunakan Histogram of Oriented Gradient Untuk Modul Sistem Cerdas Pada Robot Nao." Researchgate, 2016.
- [14] N. Dalal and B. Triggs, "Histograms of Oriented Gradients for Human Detection," 2005, vol. 1, pp. 886–893.
- [15] Adrian Rosebrock, "Find distance from camera to object/marker using Python and OpenCV," *PyImageSearch*, 19-Jan-2015.
- [16] Tantri Indrabulan, "Perbandingan Metode Deteksi Objek Berbasis Video untuk Survei Arus Lalu Lintas," Universitas Hasanuddin, Makassar, 2016.
- [17] S. Hansun, "Jakarta Stock Exchange (JKSE) forecasting using fuzzy time series," 2013, pp. 130–134.



Kenyamanan Termal Sekolah Menengah Pertama Negeri di Wilayah Pesisir, Dataran Rendah dan Pegunungan di Kabupaten Pangkajene Kepulauan

Andi Yunita^{1*}, Baharuddin Hamzah¹, Rosady Mulyadi¹

¹Departemen Teknik Arsitektur, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin, Makassar
Jl. Poros Malino km. 6, Bontomarannu, Kabupaten Gowa, Sulawesi Selatan 92171

*Email: andiyunitarchi@gmail.com

DOI: 10.25042/jpe.112018.03

Abstrak

Penelitian ini bertujuan menganalisa tingkat kenyamanan termal ruang kelas Sekolah Menengah Pertama Negeri pada wilayah pesisir, dataran rendah dan pegunungan, dan menganalisa perbedaan kenyamanan termal ruang kelas Sekolah Menengah Pertama Negeri di wilayah pesisir, dataran rendah dan pegunungan. Penelitian ini menggunakan metode Survei pengukuran objektif berupa pakaian yang digunakan dan aktifitas siswa, dan data parameter lingkungan berupa temperatur udara, kelembaban relatif, dan kecepatan aliran udara, serta pengukuran subyektif meliputi mengukur tingkat kenyamanan termal yang dirasakan oleh siswa dengan mengisi kuisioner survei kenyamanan termal, dengan menggunakan kuisioner survey kenyamanan termal dari ASHRAE Standar 55. Hasil penelitian menunjukkan secara statistik perbedaan signifikan ($p < 0.05$) parameter temperatur dan kelembaban relatif pada tiga sekolah, dimana temperatur berada diatas batas kenyamanan yang dipersyaratkan MENKES NO.261/MENKES/SK/II/1998 sedangkan kelembaban hanya di dataran rendah yang diatas 60% yang dipersyaratkan Balai Meteorologi dan Klimatologi, 2003, namun untuk kecepatan udara perbedaannya tidak signifikan dan berada pada batas nyaman menurut *Vector Olgay*. Responden sebagian besar merasa nyaman dan menerima parameter lingkungan yang ada karena sudah terbiasa dengan temperatur yang ada namun tetap menginginkan sedikit sejuk. Studi menemukan bahwa ada pengaruh pakaian yang digunakan, kondisi lingkungan terutama vegetasi, dan ketinggian lokasi serta aklimatisasi (adaptasi tubuh terhadap lingkungan sekitar) terhadap kenyamanan termal ruang kelas disekolah.

Abstract

Thermal Comfort of Public Middle School in Coastal, Lowland and Mountain Areas in Pangkajene Kepulauan Regency. The aim of this study was to analysed thermal comfort level of state junior secondary school classrooms in the coastal, lowland and highland. The method of this study was objective measurement survey like clothing used and students' activities, and environment parameter data like air temperature, relative humidity and air flow velocity and also subjective measurement cover measure thermal comfort that questionnaire by using thermal comfort questionnaire survey from ASHRAE standard 55. The result showed statically significant differences ($p < 0.05$) temperature parameter and relative humidity in three schools, where the temperature over the comfort limit required by MENKES NO.261/MENKES/SK/II/1998 while the humidity only in the lowlands over 60% that required by Meteorology and Climatology Center, 2003. However for the airflow velocity the difference was not significant and at comfort limit according to *Vector Olgay*. Most of respondents felt comfortable and accepted existing environment parameter because it was used to the temperature but still need a little cool. Study found that there was influence of clothing used, environment conditions especially vegetation, and height of location and acclimatization (body adaptation to the environment) to the thermal comfort of classrooms in school.

Kata Kunci: Kenyamanan termal, parameter lingkungan, preferensi, sekolah menengah pertama negeri, sensasi

1. Pendahuluan

Pendidikan merupakan usaha sadar dan terencana untuk mewujudkan suasana belajar dan proses pembelajaran agar peserta didik secara aktif mengembangkan potensi diri yang

dimilikinya [1]. Kenyamanan lingkungan sekitar pada saat terjadinya proses belajar dan mengajar merupakan faktor penting yang dapat mempengaruhi hasil belajar yang dilakukan oleh individu. Salah satu faktor kenyamanan lingkungan yang mempengaruhi tingkat



kenyamanan pada saat seseorang bekerja atau belajar adalah kenyamanan termal.

Oleh karena itu suatu ruang kelas membutuhkan pengendalian suhu dan kelembaban udara yang tepat untuk memberikan kenyamanan termal bagi siswa dan guru. Kondisi lingkungan termal kelas dapat mempengaruhi siswa baik secara fisik dan mental yang akhirnya mempengaruhi kinerja mereka dalam belajar. Variabel lingkungan dalam ruangan seperti suhu udara, kelembaban relatif, suhu rata-rata, kecepatan udara, jenis pakaian selama jam belajar, jumlah aktivitas fisik yang dilakukan di dalam kelas mempengaruhi sensasi kenyamanan termal manusia. Model PMV Fanger ini berdasarkan pada teori perpindahan panas yang stabil adalah dasar standar kenyamanan termal [2]. Beberapa studi belakangan ini juga menunjukkan adanya hubungan positif antara kualitas ruangan (termasuk di dalamnya kondisi termal) dengan prestasi siswa [3].

Indonesia mempunyai iklim tropis dengan karakteristik kelembaban udara yang tinggi (dapat mencapai angka 80%), suhu udara relatif tinggi (dapat mencapai hingga 35 °C), serta radiasi matahari yang menyengat serta mengganggu. Yang menjadi persoalan adalah bagaimana menciptakan kenyamanan termal dalam bangunan dalam kondisi iklim tropis panas lembab seperti di atas. Tulisan ini mengulas hal-hal yang berkaitan dengan kenyamanan termal dan konsep-konsep untuk dapat menciptakan kenyamanan termal di dalam ruang kelas sekolah menengah pertama pada daerah pesisir, dataran rendah dan pegunungan dengan kondisi iklim tropis lembab.

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisa tingkat kenyamanan termal ruang kelas Sekolah Menengah Pertama Negeri pada wilayah pesisir, dataran rendah dan pegunungan dan untuk menganalisa perbedaan kenyamanan termal ruang kelas Sekolah Menengah Pertama Negeri di wilayah pesisir, dataran rendah dan pegunungan.

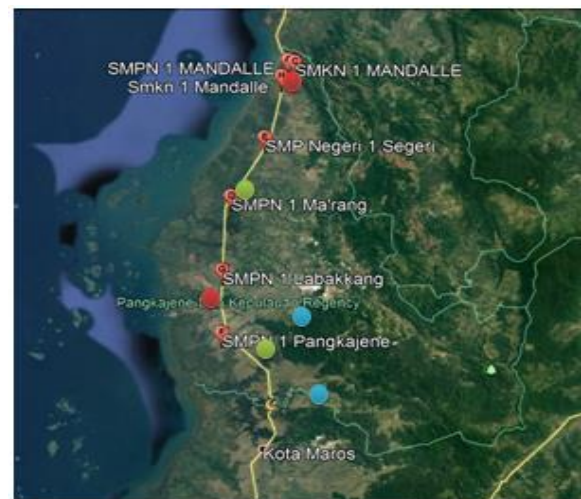
2. Metode Penelitian

2.1. Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian di wilayah pesisir, dataran rendah dan pegunungan Kabupaten Pangkajene

Kepulauan Provinsi Sulawesi Selatan. Yang merupakan salah satu kabupaten yang memiliki letak wilayah secara geografis terdiri dari kepulauan, pesisir, dataran rendah dan pegunungan.

Berdasarkan teknik *purposive sampling*, dengan kriteria jumlah siswa, jarak lokasi dan aksesibilitas, maka kami memilih dua sekolah di daerah pesisir yakni SMPN 1 Mandalle dan SMPN 3 Bungoro, dua sekolah di daerah dataran rendah yakni SMPN 1 Minasatene dan SMPN 2 Marang dan dua sekolah di daerah pegunungan yakni SMPN 1 Tondong Tallasa dan SMPN 2 Balocci.



Gambar 1. Peta lokasi penelitian

Sumber : Google Earth, 2018

Keterangan :

- Sekolah pesisir
- Sekolah dataran rendah
- Sekolah pegunungan

2.2. Metode Pengumpulan Data

Metode pengumpulan data dilakukan dengan metode *survey* yang terdiri atas pengukuran obyektif yang meliputi pengumpulan data personal berupa pakaian yang digunakan, dan data parameter lingkungan berupa temperatur udara, kelembaban udara, dan kecepatan aliran udara, dan pengukuran subyektif yang meliputi mengukur tingkat kenyamanan termal yang dirasakan oleh siswa. Hal ini dilakukan dengan meminta para siswa mengisi kuisisioner survei kenyamanan termal menggunakan kuisisioner *survey* kenyamanan termal dari ASHRAE [4].



2.3. Teknik Analisa

Analisa ini meliputi analisa terhadap elemen penghawaan alami pada bangunan ruang kelas yang merupakan sekolah menengah pertama negeri berupa hasil ukur temperatur udara, kelembaban udara, dan kecepatan aliran udara. Dan analisa terhadap kegiatan atau aktivitas siswa yang dilakukan dengan kondisi geografi bangunan di wilayah pesisir, dataran rendah dan pegunungan.

Selanjutnya diolah dan dianalisis dengan menggunakan bantuan perangkat lunak (*software*) Microsoft Excel dan SPSS. Microsoft Excel digunakan untuk mentabulasi data, mengolah, memila-milah dan mengelompokkan data berdasarkan kelas, lokasi, umur, jenis kelamin dan lain-lain.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Letak Geografis dan Karakteristik Responden

Kabupaten Pangkajene Kepulauan terletak dibagian Barat dari Provinsi Sulawesi Selatan, dengan ibukota Pangkajene dan sebagai pusat pelayanan wilayah bagi Kabupaten Pangkajene Kepulauan, selaian itu Kabupaten Pangkajene Kepulauan dikenal sebagai daerah “Tiga Dimensi”, wilayah Pangkep meliputi pegunungan, dataran rendah dan kepulauan. Berdasarkan letak astronomi, Kabupaten Pangkajene dan Kepulauan berada pada 4°40’-8°00’ Lintang Selatan dan 110°-119°48’67” Bujur Timur.

Subyek penelitian terdiri dari variabel kelompok umur, jenis kelamin, pakaian yang dipakai, dan posisi duduk. Dimana pada Tabel 1 menunjukkan persentasi dari Jumlah total responden sekolah di daerah pesisir 169 orang terdiri dari SMPN 1 Mandalle 82 orang dan SMPN 3 Bungoro 87 orang, tabel 11 menunjukkan persentasi dari Jumlah total responden sekolah di daerah dataran rendah 165 orang terdiri dari SMPN 2 Marang 61 orang dan SMPN 1 Minasatene 104 orang, tabel 12 menunjukkan persentasi dari Jumlah total responden sekolah di daerah pegunungan 198 orang terdiri dari SMPN 1 Tondong Tallasa 112 orang dan SMPN 2 Balocci 86 orang.

Tabel 1. Perbandingan persentase karakteristik subyek penelitian antar lokasi

Variabel	Pesisir		Dataran Rendah		Pegunungan	
	Jml n=169	%	Jml n=165	%	Jml n=198	%
Umur;						
11 tahun	6	3.6	9	5.5	7	3.5
12 tahun	53	31.4	24	14.5	44	22.2
13 tahun	53	31.4	59	35.8	63	31.8
14 tahun	47	27.8	42	25.5	71	35.9
15 tahun	9	5.3	30	18.2	12	6.1
16 tahun	1	0.6	1	0.6	1	0.5
Jenis Kelamin;						
Laki-laki	79	46.7	73	44.2	97	49.0
Perempuan	90	53.3	92	55.8	101	51.0
Pakaian;						
Pramuka	-	-	-	-	44	22.2
Pramuka dan jilbab	-	-	-	-	44	22.2
Olahraga	-	-	-	-	23	11.6
Olahraga dan jilbab	-	-	-	-	22	11.1
OSIS	79	46.7	73	44.2	2	1.0
OSIS, jilbab, rompi	90	53.3	92	55.8	18	9.1
Batik	-	-	-	-	28	14.1
Batik dan jilbab	-	-	-	-	17	8.6
Posisi Duduk;						
A	21	12.4	24	14.5	11	5.6
B	25	14.8	16	9.7	47	23.7
C	29	17.2	29	17.6	33	16.7
D	30	17.8	27	16.4	32	16.2
E	32	18.9	39	23.6	34	17.2
F	32	18.9	30	18.2	41	20.7

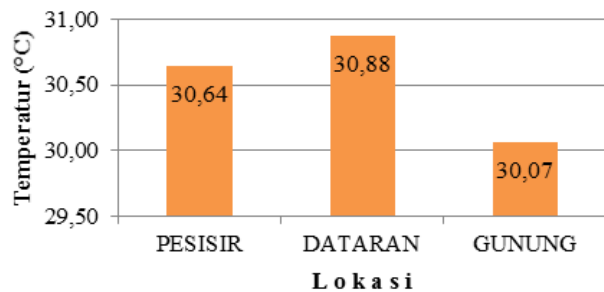
3.2. Kondisi Termal Ruang Kelas di Wilayah Pesisir, Dataran Rendah dan Pegunungan

Berdasarkan uji independent sample T test pada aplikasi SPSS diperoleh data dua sekolah yang berada di pesisir menunjukkan bahwa temperatur (°C) dan kelembaban relatif (%) terdapat perbedaan yang signifikan sedangkan kecepatan udara antara kedua sekolah tersebut tidak terdapat perbedaan. Begitu pula halnya yang terjadi di sekolah yang berada di dataran rendah dan pegunungan.

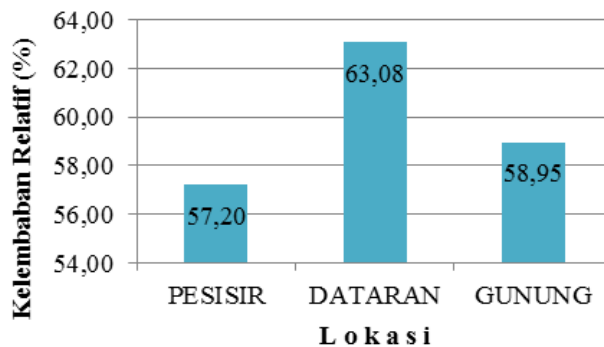


Tabel 2. Perbandingan rata-rata nilai parameter lingkungan

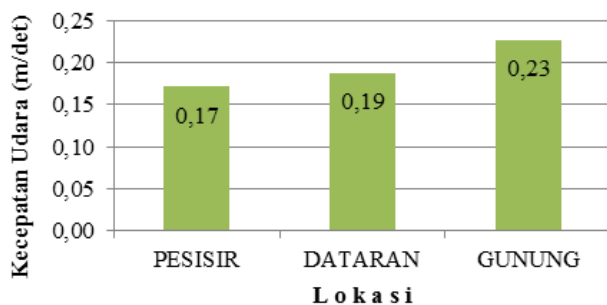
Lokasi	Sekolah	Temp (°C)	Kelemb. Relatif (%)	Kec. Udara (m/det)
Pesisir	SMPN 1 Mandalle	30.32	66.55	0.15
	SMPN 3 Bungoro	30.96	47.86	0.19
	Rata-Rata	30.64	57.20	0.17
Dataran Rendah	SMPN 2 Marang	30.03	71.92	0.22
	SMPN 1 Minasatene	31.72	54.26	0.13
	Rata-Rata	30.88	63.09	0.17
Gunung	SMPN 2 Balocci	29.78	60.68	0.19
	SMPN 1 Tondong Tallasa	30.35	57.23	0.27
	Rata-rata	30.07	58.95	0.23



Gambar 2. Grafik perbedaan temperatur antar lokasi



Gambar 3. Grafik perbedaan kelembaban relatif antar lokasi



Gambar 4. Grafik perbedaan kecepatan udara antar lokasi

3.3. Perbedaan Kenyamanan Termal Ruang Kelas di Wilayah Pesisir, Dataran Rendah dan Pegunungan

Dari hasil pengukuran Temperatur di daerah pesisir rata-rata 30,64 °C, dengan range suhu antara 29,18 °C-31,98 °C, sedangkan didaerah dataran rendah temperaturnya rata-rata 30,88 °C dengan range suhu antara 28,04 °C-33,14 °C, dan di pegunungan rata-rata 30,07 °C dengan range suhu antara 29,02 °C-31,43 °C.

Untuk kelembaban relatif udara di pesisir rata-rata 57,20% dengan range antara 41,71%-58,46%, sedangkan di daerah dataran rendah rata-rata kelembaban relatif 63,08% dengan range antara 45,59%-82,26% dan di daerah pegunungan rata-rata kelembaban relatif 58,95% dengan range antara 51,73%-69,37%.

Untuk kecepatan udara di daerah pesisir rata-rata 0,17 m/det dengan range antara 0,07 m/det-0,32 m/det, sedangkan di daerah dataran rendah rata-rata kecepatan udara 0,19 mm/det dengan range antara 0,00 m/det-0,49 m/det dan di daerah pegunungan rata-rata 0,23 m/det dengan range 0,11 m/det-0,44 m/det.

Tabel 3. Thermal sensation vote

TSV	Pesisir		Dataran Rendah		Pegunungan	
	Jml (n=169)	(%)	Jml (n=165)	(%)	Jml (n=198)	(%)
-3	1	0.59	1	0.61	7	3.54
-2	19	11.24	18	10.91	40	20.20
-1	42	24.85	71	43.03	49	24.75
0	63	37.28	30	18.18	80	40.40
1	23	13.61	20	12.12	12	6.06
2	8	4.73	16	9.70	7	3.54
3	13	7.69	9	5.45	3	1.52

Dimana di daerah pesisir 13 orang = 7,69% merasa panas karena posisi duduknya di bagian belakang (D, F dan B), 1 orang = 0,59% merasa dingin karena posisi duduknya di depan dan dekat jendela, sedangkan 63 orang = 37,28% merasa netral dengan temperatur rata-rata 30,64°C dimana sebanyak 31 orang laki-laki (baju osis) dan 32 orang perempuan (baju osis dan jilbab) dengan posisi duduk menyebar sehingga perasaan netral yang dirasakan responden lebih dipengaruhi oleh letak geografis dan aklimatisasi (adaptasi



tubuh terhadap lingkungan sekitar), Aklimatisasi menyebabkan tubuh bekerja lebih keras untuk menyesuaikan dengan lingkungan sekitar, sehingga metabolisme tubuh menjadi meningkat [5].

Di daerah dataran rendah posisi duduk, jenis kelamin dan jenis pakaian yang dipakai serta umur tidak mempengaruhi responden karena yang 1 orang merasa dingin itu posisi duduknya di bagian belakang dan 9 orang yang merasa panas itupun ada yang duduk di depan dan belakang, ada yang laki-laki dan perempuan. Sehingga dengan temperatur rata-rata 30,88°C sebagian besar 71 orang = 43,03% merasa sedikit sejuk hal ini lebih dipengaruhi kondisi lingkungan terutama vegetasi dalam jumlah besar disekitar sekolah serta dengan kelembaban udara yang tinggi rata-rata 63,08%.

Sedangkan di daerah pegunungan 3 orang = 1,52% merasa panas karena posisi duduknya di bagian belakang (F), dan 80 orang = 40,40% merasa netral dengan temperatur rata-rata 30,07°C dimana terdiri dari 39 orang laki-laki dan 41 orang perempuan dengan posisi duduk menyebar, serta 45 orang yang memakai baju kaos dan baju kaos plus jilbab merasa netral, sedikit sejuk dan sejuk. Sehingga perasaan netral yang dirasakan responden lebih dipengaruhi oleh letak geografis dan aklimatisasi (adaptasi tubuh terhadap lingkungan sekitar), serta sebagian kecil dipengaruhi oleh jenis pakaian yang digunakan.

Tabel 4. Thermal comfort vote

TCV	Pesisir		Dataran Rendah		Pegunungan	
	Jml n=169	%	Jml n=165	%	Jml n=198	%
-3	2	1.18	1	0.61	6	3.03
-2	-	-	3	1.82	1	0.51
-1	17	10.06	33	20.00	50	25.25
0	138	81.66	114	69.09	138	69.70
1	4	2.37	5	3.03	1	0.51
2	5	2.96	6	3.64	2	1.01
3	3	1.78	3	1.82	-	-

Di daerah pesisir 138 orang = 81,66%, dataran rendah 114 orang = 69,09% dan pegunungan 138 orang = 69,70%, dimana semua lokasi diatas 50% responden merasa nyaman dengan temperatur

rata-rata di atas 30°C dengan range temperatur di pesisir 29,18°C-31,98°C dan di dataran rendah 28,04°C-33,14°C serta di pegunungan 29,02°C-31,43°C. Dari ketiga lokasi temperatur yang dirasakan sudah termasuk ambang atas hangat nyaman berdasarkan SNI 03-6572-2001. Sedangkan batas kenyamanan berdasarkan lokasi geografis untuk Indonesia yakni 20°C-26°C TE. Hal ini menunjukkan bahwa perasaan nyaman yang dirasakan responden lebih dipengaruhi oleh aklimatisasi (adaptasi tubuh terhadap lingkungan sekitar) dimana responden disetiap lokasi sudah lama beradaptasi dengan temperatur yang selama ini mereka rasakan.

Tabel 5. Thermal preference

TP	Pesisir		Dataran Rendah		Pegunungan	
	Jml n=169	%	Jml n=165	%	Jml n=198	%
-2	51	30.18	64	38.79	67	33.84
-1	87	51.48	74	44.85	79	39.90
0	18	10.65	13	7.88	32	16.16
1	12	7.10	14	8.48	19	9.60
2	1	0.59	-	-	1	0.51

Semua lokasi sebagian besar memilih untuk dilakukan perubahan agar ruangan lebih sejuk, di daerah pesisir 87 orang = 51,48%, di daerah dataran rendah 74 orang = 44,85% dan di daerah pegunungan 79 orang = 39,90%, sekalipun pada *Thermal Comfort Vote* mereka merasa nyaman namun dilihat dari range temperatur di pesisir 29,18 °C-31,98 °C dan di dataran rendah 28,04 °C-33,14 °C serta di pegunungan 29,02 °C-31,43 °C berada diambang atas hangat nyaman sehingga mereka tetap memilih perubahan ruangan yang lebih sejuk.

Tabel 6. Thermal acceptance

T A	Pesisir		Dataran Rendah		Pegunungan	
	Jml n=169	%	Jml n=165	Jml n=169	%	Jml n=165
0	13	7.69	8	4.85	2	1.01
1	156	92.31	157	95.15	196	98.99

Namun ada 10,65% di pesisir, 7,88% di dataran rendah dan 16,16% di pegunungan sudah merasakan nyaman dengan kondisi yang ada karena mereka pada umumnya yang telah



menerima kondisi yang ada, sedang hanya sebagian kecil responden mengharapkan ruang yang lebih panas lagi.

Dengan rata-rata temperatur di pesisir 30,64 °C, di dataran rendah 30,88 °C dan di pegunungan 30,07 °C. Rata-rata kelembaban relatif di pesisir 57,20%, di dataran rendah 63,08% dan di pegunungan 58,95%, ini menunjukkan hanya di dataran rendah yang melebihi dari kelembaban optimal yang ditentukan oleh Balai Meterologi dan Klimatologi, 2003. Sedangkan rata-rata kecepatan udara di pesisir 0,17 m/det, di dataran rendah 0,19 m/det dan di pegunungan 0,23 m/det, merupakan kondisi nyaman (tanpa dirasakan ada gerakan udara) dalam batas kecepatan udara dalam ruangan yang valid.

Dengan kondisi tersebut sebagian besar responden 156 orang = 92,31% di pesisir, 157 orang = 95,15% di dataran rendah dan 196 orang = 98,99% di pegunungan memilih menerima dengan kondisi termal ruangan dan hanya 7,69% di pesisir, 4,85% di dataran rendah dan 1,01% di pegunungan yang tidak menerima kondisi termal ruangan.

Tabel 7. Air velocity vote

AV V	Pesisir		Dataran Rendah		Pegunungan	
	Jml n=169	%	Jml n=165	%	Jml n=198	%
-3	5	2.96	2	1.21	2	1.01
-2	27	15.98	14	8.48	20	10.10
-1	47	27.81	49	29.70	33	16.67
0	42	24.85	29	17.58	55	27.78
1	46	27.22	66	40.00	85	42.93
2	2	1.18	4	2.42	3	1.52
3	-	-	1	0.61	-	-

Di daerah pesisir 47 orang = 27,81% merasa sedikit tenang, sedangkan di daerah dataran rendah 66 orang = 40,00% dan di daerah pegunungan 85 orang = 42,93% merasa sedikit berangin, dimana range kecepatan udara di dataran rendah 0,01 m/det-0,49 m/det dan di pegunungan 0,11 m/det-0,44 m/det lebih tinggi dibanding di pesisir yang hanya 0,07 m/det-0,32 m/det, salah satu penyebabnya bukaan yang ada disekolah ada beberapa yang sudah tidak bisa dibuka karena rusak, namun ada responden

merasa aliran udara sudah sesuai yakni 24,85% di pesisir, 17,58% di dataran rendah dan 27,78% di pegunungan, posisi duduk, jenis kelamin dan jenis pakaian responden yang merasa sedikit tenang dan sedikit berangin tidak berpengaruh terhadap responden, karena dari semua lokasi penyebarannya merata.

Tabel 8. Air velocity preference

AVP	Pesisir		Dataran Rendah		Pegunungan	
	Jml n=169	%	Jml n=165	%	Jml n=198	%
-2	9	5.33	9	5.45	11	5.56
-1	27	15.98	18	10.91	28	14.14
0	50	29.59	49		82	41.41
1	75	44.38	82	49.70	73	36.87
2	8	4.73	7	4.24	4	2.02

Di daerah pesisir dan dataran rendah sebagian besar responden menginginkan kecepatan aliran udara sedikit dinaikkan, sekitar 75 orang = 44,38% di pesisir dan 82 orang = 49,70% di dataran rendah dengan range kecepatan udara di pesisir 0,07 m/det-0,32 m/det dan di dataran rendah 0,01 m/det = 0,49 m/det, sedangkan 82 orang = 41,41% di pegunungan merasa aliran udara sudah sesuai dengan rata-rata kecepatan udaranya cukup tinggi 0,23 m/det, dan hanya 29,59% di pesisir dan 29,70% di dataran rendah yang merasa aliran udara sudah sesuai.

Tabel 9. Humidity vote

HV	Pesisir		Dataran Rendah		Pegunungan	
	Jml n=169	%	Jml n=165	%	Jml n=198	%
-3						
-2	3	1.78	11	6.67	1	0.51
-1	44	26.04	52	31.52	51	25.76
0	63	37.28	37	22.42	105	53.03
1	58	34.32	54	32.73	38	19.19
2	1	0.59	10	6.06	2	1.01
3			1	0.61	1	0.51

Di daerah pesisir dan pegunungan sebagian besar responden merasakan kelembaban sudah sesuai dimana 63 orang = 37,28% di pesisir dan 105 orang = 53,03% di pegunungan dengan rata-



rata kelembaban relatif yang optimal 57,20% di pesisir dan 58,95% di pegunungan.

Sedangkan 54 orang = 32,73% di dataran rendah merasa sedikit lembab dan hanya 22,42% yang merasa sudah sesuai, karena rata-rata kelembaban relatifnya cukup tinggi diatas kelembaban optimal yang disyaratkan yakni 63,08%.

4. Kesimpulan

Dari hasil uji T-Test pada aplikasi SPSS untuk temperatur ($^{\circ}\text{C}$) yang memiliki suhu rendah terdapat di daerah pegunungan karena hal ini dipengaruhi oleh ketinggian lokasi sekolah dan kondisi lingkungan, sedangkan kelembaban udara (%) tertinggi berada di daerah dataran rendah dimana lebih dari kelembaban optimal yang ditetapkan Balai Meteorologi dan Klimatologi tahun 2003 yakni 63,08% hal ini disebabkan karena terdapat vegetasi dalam jumlah besar disekitar, sedangkan didaerah pesisir dan pegunungan kelembabannya berada didaerah sedang untuk menjaga kenyamanan tubuh yakni 30%-70%. serta untuk kecepatan udara (m/det) tidak ada perbedaan yang signifikan antara ketiga lokasi tersebut.

Dari hasil respon pengguna terhadap *Thermal Sensation Vote*, *Therma Comfort Vote* dan *Thermal Preverence* menunjukkan bahwa di daerah pesisir dan pegunungan pada umumnya merasa nyaman sedangkan di dataran rendah hanya merasa sedikit nyaman saja, hal ini disebabkan karena temperatur didaerah pegunungan dan pesisir lebih rendah

dibandingkan di daerah dataran rendah. Sedangkan pada *Thermal Comfort Vote* menunjukkan bahwa semua lokasi pada umumnya mereka merasa nyaman sekalipun temperatur udaranya tinggi, hal ini disebabkan karena mereka sudah beradaptasi dengan kondisi yang selama ini mereka rasakan.

Ucapan Terimakasih

Penelitian ini dapat dilaksanakan dengan baik berkat bantuan dari berbagai pihak. Terima kasih juga kepada Bapak dan Ibu Kepala SMPN di Kab. Pangkep serta semua pihak yang telah banyak memberikan bantuan dalam penyelesaian penelitian ini.

Referensi

- [1] Undang-Undang Sistem Pendidikan Nasional no.20. (2003). DPR-RI, Jakarta
- [2] Fanger, P.O. (1970). *Thermal Comfort—Analysis and Applications in Environmental Engineering*. Copenhagen.: Danish Technical Press.
- [3] Mendell, M.J., & Heath, G.A. (2005). Do indoor pollutants and thermal conditions in schools influence student performance? A critical review of the literature. *Indoor Air*, 15, 27-52.
- [4] ASHRAE Standard (2010), *Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy*, American Society of Heating, Refrigerating and Air, Conditioning Engineers (ASHRAE Standard 55), ASHRAE: Atlanta US.
- [5] Polinggapo, Sri. Wahyuni. (2013). *Perbedaan Stres pada Remaja Berdasarkan Tipe Kepribadian Somatotip Sheldon*. Jurusan Psikologi, Fakultas Pendidikan Psikologi, Universitas Negeri Malang.



Analisis Performansi Protokol Routing Proaktif pada Jaringan *Mobile Adhoc*

Rohmah Nur Hidayah^{1*}, Indrabayu², Intan Sari Areni¹

¹Departemen Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin, Makassar

²Departemen Teknik Informatika, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin, Makassar

Jl. Poros Malino km. 6, Bontomarannu, Kabupaten Gowa, Sulawesi Selatan 92171

*Email: rnhidayah.yaya@gmail.com

DOI: 10.25042/jpe.112018.04

Abstrak

Intelligent Transportation Systems (ITS) menawarkan paradigma pemodelan baru yang mendukung komunikasi antar kendaraan secara *real time* menggunakan *routing protocol* yang disebut *Vehicular Ad Hoc Network* (VANET). Pada dasarnya kinerja *routing protocol* dipengaruhi oleh arus dan aturan lalu lintas yang bersifat dinamis sehingga perubahan tersebut akan menyebabkan perubahan pada kinerja *routing protocol* juga. Untuk itu, penelitian ini mengusulkan rancangan mobilitas realistis berdasarkan data makroskopis dan mikroskopis jalan perkotaan. Rancangan mobilitas dibagi menjadi 2 skenario berdasarkan kepadatan kendaraan, yaitu 125 dan 200 node. Penelitian ini bersifat simulasi dan dibagi menjadi 2 tahap. Tahap pertama yaitu simulasi mobilitas yang menunjukkan pergerakan kendaraan serta aturan lalu lintas yang disesuaikan dengan kondisi realistis. Tahap kedua adalah simulasi jaringan yang bertujuan untuk mengevaluasi kinerja *routing protocol DSDV* dan *OLSR* terhadap rancangan model mobilitas. Untuk menguji kinerja kedua *routing protocol*, maka digunakan 3 metrik pengujian yaitu *Packet Delivery Ratio* (PDR), *Overhead Ratio* (OR) dan *End to End Delay* (E2ED). Hasil simulasi menunjukkan OLSR unggul pada metrik PDR dan OR, yaitu masing-masing 88.62% dan 57.11%. Sedangkan E2ED terbaik ditunjukkan oleh DSDV dengan nilai 0.523 detik. Kinerja terbaik kedua *routing protocol* ditunjukkan pada skenario 125 node. Hal ini menunjukkan kedua *routing protocol* belum mampu mengatasi kondisi lalu lintas perkotaan yang sangat padat.

Abstract

Performance Analysis of Proactive Routing Protocols on Adhoc Mobile Networks. *Intelligent Transportation Systems* (ITS) offers a paradigm with new modeling that supports the communication between vehicles in real time by using a routing protocol called Vehicular Ad Hoc networks (VANET). Basically the routing protocol performance is influenced by the currents and traffic rules which have a dynamic characteristic, so that the changes will cause the changes on the performance of routing protocol as well. Therefore, the study proposes the realistic mobility design based on the macroscopic data and microscopic urban street. The mobility design are divided into 2 scenarios based on the density of vehicles, namely 125 and 200 nodes. It is a stimulation research and divided into 2 stages. The first stage is the simulation of movement which shows the mobility of vehicles and the traffic rules which is tailored with the realistic conditions. The second stage is a simulation network which aims to evaluate the performance of routing protocol of DSDV and OLSR against the design of mobility. To test the performance of both the routing protocol, it is used 3 testing metrics which are Packet Delivery Ratio (PDR), Overhead Ratio (OR) and End to End Delay (E2ED). The results of the simulation shows OLSR is superior on PDR and OR metric, each 88.62% 57.11%. While the best E2ED is showed by DSDV with score 0.523 seconds. The second-best performance of routing protocol is showed in scenario 125 nodes. It shows that both of the routing protocol has not been able yet to overcome the heavy conditin of urban traffic.

Kata Kunci: DSDV, E2ED, realistic mobility, routing protocol, VANET

1. Pendahuluan

Mobilitas masyarakat sangat dipengaruhi oleh perkembangan sistem transportasi. Setiap tahun, volume dan kepadatan kendaraan meningkat secara signifikan yang mengarah pada peningkatan kecelakaan dan kemacetan [1]. Di

Indonesia sendiri, berdasarkan data Badan Pusat Statistik, jumlah kendaraan juga mengalami peningkatan terutama di kota-kota besar yang mencapai 8-12% setiap tahunnya. Selain itu, dampak lain yang ditimbulkan adalah waktu tempuh kendaraan yang tidak pasti dan penurunan



produktivitas masyarakat. Meskipun peraturan lalu lintas telah dibuat untuk mengontrol *traffic* dan konstruksi perluasan jalan telah dilakukan namun solusi ini tidak menyelesaikan masalah lalu lintas yang semakin kompleks terutama permintaan transportasi yang tidak terkontrol [2].

Untuk mengatasi masalah tersebut, maka *Intelligent Transportation Systems* (ITS) menawarkan paradigma pemodelan baru yang mengintegrasikan teknologi jaringan, *wireless* dan jaringan lalu lintas yang mendukung komunikasi antar kendaraan di jalan secara *real time* [3]. Teknologi ini disebut *Vehicular Ad Hoc Network* (VANET). Teknologi ini merupakan salah satu pendekatan yang mampu memastikan produktivitas dan mobilitas yang lebih aman dan efisien dengan memanfaatkan infrastruktur dan layanan yang ada [4].

Dalam melakukan komunikasi, node (kendaraan) menggunakan *routing protocol* untuk mentransmisikan paket data. Proses transmisi data pada VANET berbeda dengan jaringan pada umumnya yang bersifat statis. Perutean paket mengikuti gerakan node dan mengakibatkan topologi jaringan VANET bersifat dinamis. Karakteristik ini menjadi tantangan untuk *routing protocol* dalam menciptakan komunikasi data yang efektif dan efisien [5].

Hal lain yang mempengaruhi kinerja *routing protocol* adalah kepadatan, distribusi kendaraan dan kecepatan kendaraan [6]. Pada wilayah perkotaan, pergerakan kendaraan tidak stabil dan sulit diprediksi karena adanya percepatan dan perlambatan kendaraan, distribusi kendaraan yang tidak merata menyebabkan jalan tertentu mengalami kemacetan sedangkan jalan lainnya lengang. Selain itu, pembatasan geografis dan aturan lalu lintas juga mempengaruhi kinerja *routing protocol* dalam mentransmisikan data.

Berbagai faktor yang mempengaruhi kinerja *routing protocol* pada dasarnya merupakan parameter arus dan aturan pada lalu lintas. Sehingga, dapat dikatakan bahwa perubahan topologi jalan akan menyebabkan perubahan pada kinerja *routing protocol* juga [7]. Karena node dicirikan menyebabkan mobilitas yang tinggi, maka pola mobilitas dapat secara signifikan mempengaruhi hasil simulasi [8].

Untuk itu, perancangan dan pembangunan model mobilitas realistis perlu dilakukan sebelum melakukan pengujian terhadap *routing protocol* [5]. Mengingat setiap skenario jalan memiliki fitur, kriteria dan persyaratannya masing-masing, maka perancangan ini bersifat simulasi karena selain ekonomis, pengujian *routing protocol* dapat dilakukan secara berulang sebelum di aplikasikan pada dunia nyata [9, 10]. Di samping itu, penataan lalu lintas yang lebih efektif dapat dilakukan melalui evaluasi kinerja *routing protocol* jika diperlukan.

Sejumlah penelitian telah dilakukan untuk membangun dan menerapkan rancangan mobilitas realistis pada VANET serta menguji kinerja *routing protocol* pada model mobilitas tersebut. Akhtar et al membangun skenario model mobilitas realistis jalan tol dengan mengintegrasikan topologi jalan di dunia nyata dengan data *real-time* kendaraan dari database *Performance Measurement System* (PeMS) menggunakan SUMO untuk menghasilkan arus lalu lintas yang realistis di jalan tol. Dengan berfokus pada model channel hambatan, penelitian ini menunjukkan kecocokan Obs model dengan kepadatan kendaraan [11]. Sementara, Lee dkk. membangun model mobilitas realistis menggunakan data jaringan jalan dan sinyal lalu lintas pada kota Kinabalu. Hasil penelitian menunjukkan kepadatan tinggi dari node bisa meningkatkan konektivitas jaringan dan pengiriman tetapi juga bisa mewujudkan tabrakan paket yang tinggi. Di samping itu, konektivitas node dengan dan tanpa sinyal lalu lintas memiliki perbedaan yang signifikan [12].

Berbeda dengan penelitian sebelumnya, Basta et al mengintegrasikan aspek mobilitas sosial dan pembatasan mobilitas geografis ke dalam kerangka matematis untuk memprediksi mobilitas kendaraan. Evaluasi model mobilitas menunjukkan kecocokan rata-rata 85% dengan data *real* [13]. Penelitian lain dilakukan oleh Nwizege et al yang membangun mobilitas menggunakan model matematika dan hasil penelitian menunjukkan adanya peningkatan sinyal dan mempertahankan komunikasi antar kendaraan. Hasil simulasi juga membantu untuk memperkirakan jarak transmisi yang sesuai [14].



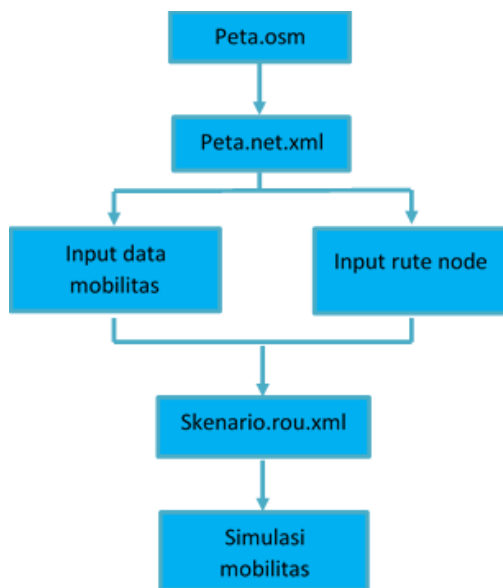
Berdasarkan penelitian-penelitian tersebut, maka penelitian ini berfokus untuk membangun mobilitas realistis berdasarkan data makroskopis dan mikroskopis dari jaringan lalu lintas. Kemudian menganalisis kinerja *routing protocol* yang sesuai dengan skenario perkotaan terhadap usulan model mobilitas dan membandingkannya dengan model mobilitas acak.

2. Skenario Mobilitas Perkotaan

Penelitian ini menggunakan Jl. AP. Pettarani, Kota Makassar sebagai lingkungan simulasi. Daerah ini dipilih dengan pertimbangan indeks tingkat pelayanan jalan yang mendekati kapasitas jalan dengan karakteristik kondisi operasional dalam arus lalu lintas yang tidak stabil. Adapun tahap simulasi diawali dengan merancang mobilitas yang realistis, kemudian dilanjutkan dengan simulasi mobilitas dan tahap akhir adalah simulasi jaringan.

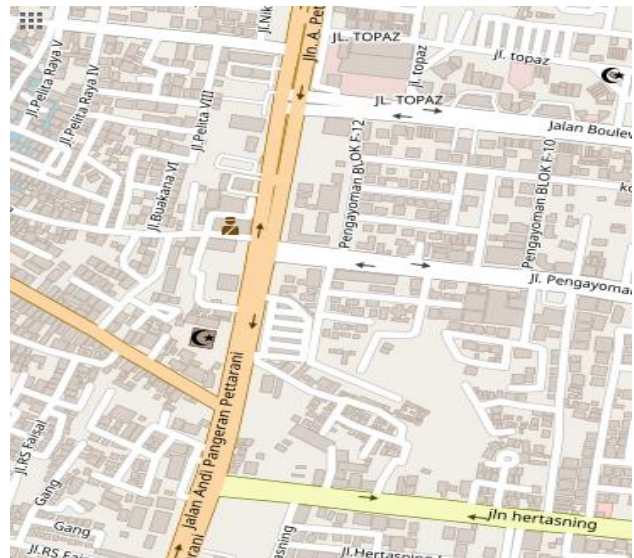
2.1. Perancangan Mobilitas Realistis

Untuk merancang skenario mobilitas dibutuhkan data makroskopis berupa kepadatan dan distribusi kendaraan. Dan data mikroskopis berupa tuntutan lalu lintas, seperti aturan lalu lintas, arah gerak kendaraan termasuk posisi sumber dan tujuan kendaraan, jumlah traffic light, durasi traffic light, serta kecepatan kendaraan [15].



Gambar 1. Alur pembuatan mobilitas realistis

Data-data tersebut akan diinput ke dalam Simulation Urban Mobility (SUMO). Selain untuk simulasi lalu lintas, SUMO juga mampu membangun jaringan jalan yang luas menggunakan data mikroskopis dan makroskopis [16]. Adapun alur pembuatan skenario realistis dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 2. Peta Jalan AP. Pettarani, Kota Makassar



Gambar 3. Proses edit peta simulasi

Untuk membangun mobilitas realistis, digunakan peta jalan yang bersumber dari *OpenStreetMap* (OSM) seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2. OSM digunakan karena memiliki informasi geografis yang *update* dan peta dapat di konversi sehingga dapat digunakan di SUMO [17]. Peta yang bersumber dari OSM terlebih dahulu dikonversi menjadi file dengan format *.net.xml* dengan fungsi NETCONVERT.

Konversi ini bertujuan agar peta dapat digunakan oleh *tool* SUMO seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3. Setelah itu, dilakukan penginputan parameter mobilitas dari data mikroskopis dan makroskopis sesuai dengan kondisi nyata jalan AP. Adapun parameter yang menjadi inputan adalah panjang jalan, jumlah jalur, kecepatan kendaraan, jumlah lampu lalu lintas, interval lampu lalu lintas, aturan lalu lintas, dan konektivitas setiap jalan. Parameter ini diinput dan diubah menggunakan fungsi NETEDIT sehingga menghasilkan peta seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Peta simulasi

Langkah selanjutnya adalah mengatur jumlah kendaraan, arah keberangkatan dan tujuan kendaraan sehingga rute kendaraan sesuai dengan kondisi jalan. Rute ini ditentukan berdasarkan hasil observasi langsung, sedangkan untuk jumlah node ditentukan berdasarkan data Laboratorium

Transportasi, Teknik Sipil, Universitas Hasanuddin tahun 2016. Untuk menyesuaikan jumlah kendaraan dengan waktu simulasi (60 detik), maka digunakan rumus berikut:

$$K = \frac{(N \times T)}{60} \quad (1)$$

di mana N adalah jumlah node per jam dan T adalah waktu simulasi.

Berdasarkan hasil observasi dan perhitungan di atas, diperoleh rata-rata jumlah node sebanyak 125-200 per menit. Setelah itu, peta simulasi dikonversi menjadi file *.rou.xml* berdasarkan jumlah dan gerakan node tersebut. Pada penelitian ini, digunakan 2 skenario berdasarkan jumlah node, yaitu 125 dan 200. Skenario ini dipilih karena mewakili kondisi lalu lintas saat padat dan saat lengang. Hal ini dilakukan untuk menguji kinerja *routing protocol* saat kondisi padat maupun sebaliknya.

2.2. Simulasi Mobilitas

Simulasi mobilitas dilakukan untuk menguji rancangan mobilitas yang telah dibuat sebelum diimplementasikan pada simulasi jaringan. Simulasi mobilitas menunjukkan pergerakan kendaraan serta aturan lalu lintas yang telah dibuat sebelumnya. Hal ini dilakukan untuk mengantisipasi jika terjadi kesalahan pada peta dan lingkungan simulasi.

Sebelum menjalankan simulasi terlebih dahulu dilakukan konfigurasi terhadap peta simulasi untuk menghasilkan *Graphical User Interface* (GUI) SUMO dengan format *sumo.cfg* seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5. Konfigurasi ini menggunakan file *.net.xml* sebagai inputan peta dan menggunakan file *.rou.xml* sebagai inputan gerakan node. Gambar 6 menunjukkan rute gerakan kendaraan pada file *rou.xml*. Dengan format *sumo.cfg*, SUMO mampu menginterpretasikan mobilitas kendaraan dalam dunia nyata. Seluruh parameter yang telah diinput dalam file *net.xml* dan *rou.xml* terlihat selama simulasi. Selain itu, simulasi juga menunjukkan warna node yang berbeda-beda. Hal ini untuk melihat adanya percepatan dan perlambatan dari setiap node. Saat mobil melakukan perlambatan dan percepatan, warna mobil berubah menjadi

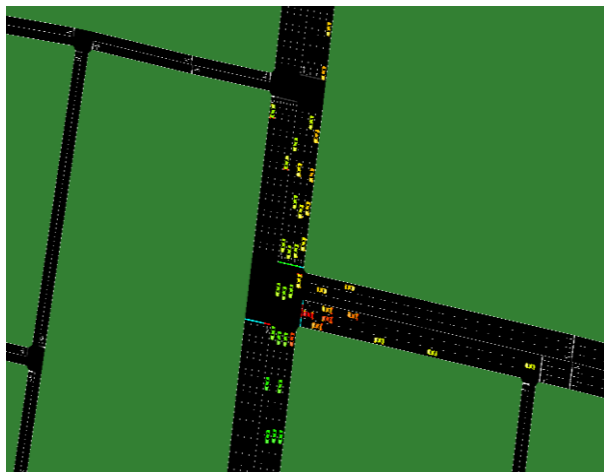
orange jika perubahan yang terjadi antara 0-8 m/s, sedangkan akan berubah menjadi kuning muda jika percepatan atau perlambatan terjadi antara 8-16 m/s seperti yang ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Kecepatan node

Warna Node	Kecepatan Kendaraan
Merah	0 m/s
Kuning	1-8 m/s
Hijau	9-15 m/s

```
<configuration>
<input>
<input>
<net-file value="skenario.net.xml"/>
<route-files value="skenario.rou.xml"/>
</input>
<time>
<begin value="0"/>
<end value="60"/>
</time>
</configuration>
```

Gambar 5. Konfigurasi SUMO

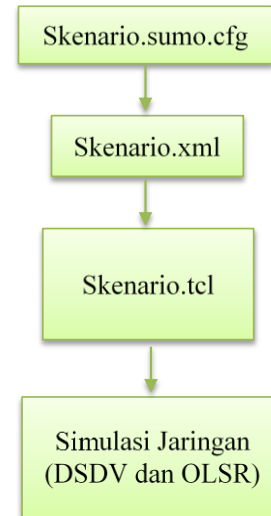


Gambar 6. Simulasi Mobilitas

3. Simulasi Jaringan

Dalam melakukan simulasi jaringan, VANET menggunakan *Medium Access Control* (MAC) *protocol* untuk melakukan komunikasi data antar node. Penelitian ini menggunakan rancangan MAC IEEE 802.11p yang mewarisi aturan utama standar MAC 802.11 untuk *Wireless Access in Vehicular Environment* (WAVE) yang mendukung *Intelligent Transportation System*

(ITS). Hal ini membuat IEEE 802.11p dapat melakukan pertukaran data berkecepatan tinggi antara node sehingga sesuai untuk lingkungan VANET dengan karakteristik topologi yang dinamis [18].



Gambar 7. Alur simulasi jaringan

Tabel 2. Parameter simulasi jaringan

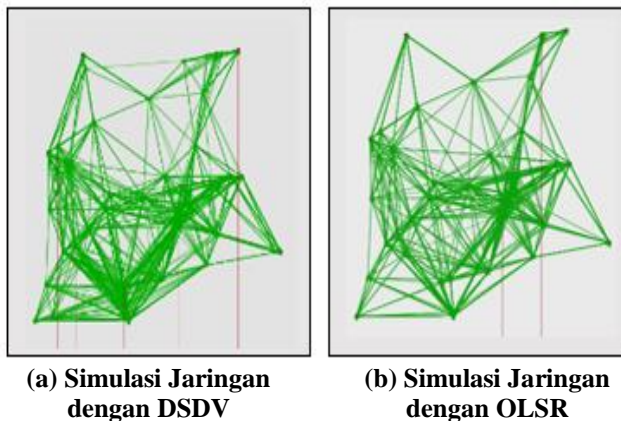
Parameter Simulasi Jaringan	Nilai
Simulator mobilitas	Urban Scenario, Created on Sumo-0.25.0
Simulator jaringan	NS-3.24
Routing Protocol	DSDV and OLSR
Waktu simulasi	60 s
Jarak transmisi	150 m
MAC Layer	IEEE 802.11p
Ukuran paket data	200 Byte
Jenis Pesan	Basic Safety Message (BSM)
Jumlah paket data	10 packet/s
Loss Model	Nakagami model

Adapun parameter simulasi jaringan ditunjukkan pada Tabel 2 dan alur simulasi jaringan ditunjukkan pada Gambar 7. Untuk melakukan simulasi jaringan, terlebih dahulu file *.sumo.cfg* dikonversi ke dalam bentuk file *.xml*. Selanjutnya jejak mobilitas berupa *floating car data* (fcd) yang berisi lokasi dan kecepatan dari setiap node pada setiap waktu di konversi melalui *traceExporter.py*. Hasil dari konversi ini adalah *trace file* yang berisi aktifitas dan informasi *lifetime* dari setiap node dengan format *.tcl* yang dapat diolah oleh NS3.

Setelah parameter simulasi ditentukan, selanjutnya dilakukan simulasi jaringan. Simulasi ini bertujuan untuk mengevaluasi kinerja routing protocol terhadap rancangan model mobilitas.

Adapun *routing protocol* yang digunakan adalah *Destination Sequenced Distance Vector* (DSDV) dan *Optimized Link State Routing* (OLSR). DSDV merupakan modifikasi dari algoritma *Bellman-Ford* dengan atribut baru berupa *sequence number* yang menyimpan semua informasi ke dalam tabel *routing* pada setiap node [19, 20]. Keunggulan dari DSDV adalah menyederhanakan rute pengiriman paket dan menghindari terjadinya *looping* jaringan [21].

Sedangkan OLSR digunakan karena sesuai untuk jaringan dengan mobilitas node yang tinggi [22]. Keunggulan OLSR adalah mengurangi jumlah pesan *broadcast* dengan informasi yang sama serta mengurangi jumlah *overhead*. Hal ini karena adanya node *Multipoint Relays* (MPR) yang berfungsi untuk meneruskan paket, sehingga paket tidak bertumpuk di jaringan [23].



Gambar 8. Hasil Simulasi Jaringan

Untuk menguji kinerja dari DSDV dan OLSR maka digunakan 3 metrik pengujian yaitu *Packet Delivery Ratio* (PDR), *Overhead Ratio* (OR) dan *End to End Delay* (E2ED) [24, 25].

a) *Packet Delivery Ratio* (PDR) merupakan rasio perbandingan antara jumlah paket yang berhasil diterima (P_r) oleh node tujuan dengan jumlah paket yang dikirimkan (P_s) ke node tujuan. Perbandingan paket yang dihitung hanya *Basic Safety Messange* (BSM) yaitu,

paket yang dikirim dari node sumber ke node tujuan.

$$PDR = \frac{\sum P_r}{\sum P_s} \quad (2)$$

b) *Overhead Ratio* (OR) adalah rasio perbandingan antara ukuran *control packet* (CP) terhadap ukuran total *packet data* (PD) yang berhasil dikirim ke node tujuan.

$$OR = \frac{CP}{\sum PD} \quad (3)$$

c) *End to End Delay* (E2ED) merupakan akumulasi *delay* rata-rata paket yang berhasil diterima selama proses pengiriman paket berdasarkan waktu simulasi.

$$E2ED = \sum_{i=0}^n (P_{r_i} - P_{t_i}) \quad (4)$$

dimana P_r adalah waktu saat paket diterima, P_t adalah waktu saat paket ditransmisikan.

4. Analisis dan Evaluasi Hasil Simulasi

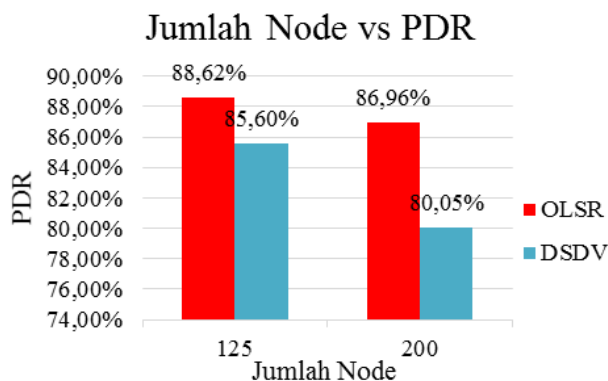
Hasil simulasi jaringan terhadap *routing protocol* DSDV dan OLSR ditunjukkan pada Gambar 8. Berbeda dengan simulasi mobilitas, pada simulasi jaringan, yang tampak hanya koneksi antar node saja. Warna hijau menunjukkan proses transmisi paket dan ketika terjadi *packet loss* akan ditandai dengan garis berwarna merah. OLSR memiliki *packet loss* yang lebih sedikit dibanding DSDV. Hal ini dikarenakan paket yang ditransmisikan dari node sumber ke node tujuan diteruskan oleh MPR, sehingga kepadatan jaringan dapat diminimalisir. Teknik ini secara signifikan akan mengurangi jumlah transmisi ulang yang akan membanjiri jaringan dengan prosedur *broadcast*. Saat suatu node dipilih sebagai MPR, maka node lain yang sejajar tidak akan melakukan transmisi paket melainkan hanya bertugas untuk mengupdate kondisi routing.

Walaupun kedua *routing protocol* yang digunakan merupakan *routing protocol* proaktif. Akan tetapi, evaluasi dari metrik analisis menunjukkan hasil yang berbeda. Hasil analisis dan evaluasi kinerja *routing protocol* DSDV dan OLSR diuraikan sebagai berikut.

- *Packet Delivery Ratio (PDR)*

Gambar 9 menunjukkan perbandingan PDR antara DSDV dan OLSR. Pada grafik dapat dilihat kinerja OLSR lebih baik dibandingkan DSDV. PDR tertinggi adalah 88.62% pada skenario dengan jumlah node 125 yang ditunjukkan oleh OLSR dan PDR terendah ditunjukkan oleh DSDV pada skenario 200 node dengan nilai 80.05%. Hal ini disebabkan oleh jumlah node yang berbanding lurus dengan jumlah transmisi paket, sehingga skenario dengan jumlah node paling sedikit memperoleh PDR terbaik.

OLSR memiliki performansi yang lebih baik karena OLSR mewarisi sifat kestabilan dari algoritma *link state* dan segera menyediakan rute ketika dibutuhkan. Dengan adanya *multihop* pada OLSR, paket tetap dapat diterima oleh node tujuan walaupun kondisi node selalu bergerak. Selain itu, masing-masing node mengirimkan *control packet* secara berkala sehingga dapat meminimalisir terjadinya *packet loss* saat terjadi gangguan transmisi.

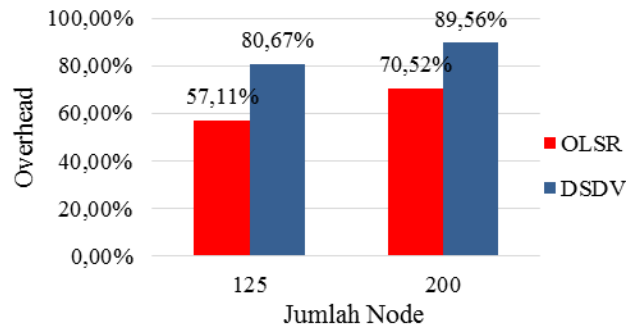


Gambar 9. Pengaruh jumlah node terhadap PDR

- *Overhead Ratio (OR)*

Grafik Overhead Ratio pada kedua routing protocol ditunjukkan pada Gambar 10. Hasil simulasi memperlihatkan overhead pada OLSR menunjukkan performansi yang lebih rendah dibandingkan DSDV. OLSR memiliki nilai overhead sebesar 57.11% pada skenario 125 node. Sedangkan overhead tertinggi sebesar 89.56% diperoleh DSDV pada skenario 200 node.

Jumlah Node vs OR



Gambar 10. Pengaruh jumlah node terhadap OR

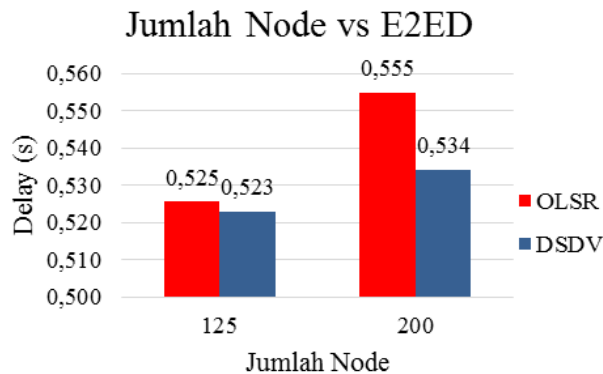
Berbeda dengan PDR, *Overhead* justru menunjukkan perbedaan yang signifikan terhadap kinerja kedua *routing protocol*. Hal ini karena adanya *Multipoint Relay (MPR)* pada OLSR yang bertujuan untuk meminimalisir *overhead* dari pesan *broadcast* pada jaringan dengan cara mengurangi transmisi ulang. Selain itu, sebelum melakukan transmisi, terlebih dahulu OLSR akan mengurangi ukuran *packet control* yang *dbroadcast* ke setiap node. Hal ini otomatis mengurangi penggunaan *bandwidth*, sehingga *overhead* jaringan ikut berkurang.

- *End to End Delay (E2ED)*

Pada E2ED, performansi kedua *routing protocol* menunjukkan hasil yang hamper sama dengan rata-rata delay 0.5 detik. Berbeda dengan PDR dan OR, DSDV justru menunjukkan performansi yang lebih baik dibandingkan OLSR pada E2ED seperti yang ditunjukkan pada Gambar 11. *Delay* terendah 0.523 detik yang diperoleh oleh DSDV pada skenario 125 node. Sedangkan *delay* tertinggi ditunjukkan oleh OLSR pada skenario 200 node dengan nilai 0.555 detik.

DSDV memiliki delay terendah karena adanya *sequence number* pada setiap node yang diupdate secara berkala. Tabel routing dipertahankan secara *periodic* dan ketika terjadi perubahan maka *sequence number* akan merubah urutan node untuk transmisi paket. Disamping itu, DSDV mengadopsi algoritma *dijkstra* dari *Bellman-Ford* sehingga, saat akan melakukan transmisi, node sumber akan mencari jarak terdekat untuk sampai ke node tujuan.





Gambar 11. Pengaruh jumlah node terhadap E2ED

Walaupun keduanya merupakan *routing protocol* proaktif yang mampu mengurangi transmisi ulang yang menjadi penyebab *delay*, tetapi DSDV tidak memerlukan waktu yang lama saat melakukan transmisi karena adanya *sequence number* pada node. Berbeda dengan OLSR yang membutuhkan waktu untuk memilih MRP dan mengurangi ukuran paket kontrol. Hal ini membutuhkan waktu dan menyebabkan *delay* pada proses transmisi paket.

5. Kesimpulan

Penelitian ini mengusulkan model mobilitas realistis untuk menguji performansi *routing protocol* DSDV dan OLSR terhadap kondisi lalu lintas perkotaan menggunakan 3 metrik analisis, yaitu PDR, OR dan E2ED. Berdasarkan hasil simulasi, diperoleh hasil yang berbeda pada kedua jenis *routing protocol* proaktif ini. Hasil simulasi menunjukkan PDR tertinggi sebesar 88.62% pada skenario 125 node menggunakan OLSR. Dan pada OR kinerja terbaik juga ditunjukkan oleh OLSR dengan persentase *overhead* terendah 57.11%. Sedangkan pada E2ED, walaupun rata-rata *delay* hampir sama, hasil terbaik diperoleh DSDV dengan nilai 0.523 detik pada skenario 125 node.

Kinerja kedua *routing protocol* mengalami fase terbaik pada skenario 125 node. Hal ini menunjukkan kedua *routing protocol* belum mampu mengatasi kondisi lalu lintas perkotaan yang sangat padat.

Referensi

- [1] C. J. Khisty, *Transportation engineering: an introduction*, 3rd ed. Upper Saddle River, N.J.: Prentice Hall, c2003.
- [2] M. Alam, J. Ferreira, and J. Fonseca, "Introduction to Intelligent Transportation Systems," in *Intelligent Transportation Systems*, Springer, Cham, 2016, pp. 1–17.
- [3] W. Liang, Z. Li, H. Zhang, S. Wang, and R. Bie, "Vehicular Ad Hoc Networks: Architectures, Research Issues, Methodologies, Challenges, and Trends," *Int. J. Distrib. Sens. Netw.*, vol. 11, no. 8, p. 745303, Aug. 2015.
- [4] M. Janić (auth.), *Advanced Transport Systems: Analysis, Modeling, and Evaluation of Performances*, 1st ed. Springer-Verlag London, 2014.
- [5] M. Abdelgadir, R. A. Saeed, and A. Babiker, "Mobility Routing Model for Vehicular Ad-hoc Networks (VANETs), Smart City Scenarios," *Veh. Commun.*, vol. 9, pp. 154–161, Jul. 2017.
- [6] R. M. Tufail, "Review of Routing Protocols in VANETs," 2016.
- [7] P. S. N. Darisini and N. S. Kumari, "A survey of routing protocols for VANET in urban scenarios," in *2013 International Conference on Pattern Recognition, Informatics and Mobile Engineering*, 2013, pp. 464–467.
- [8] F. Benabdallah, A. Hamza, and M. Bechrif, "Simulation and analysis of VANETS performances based on the choice of mobility model," in *2017 Computing Conference*, 2017, pp. 1238–1242.
- [9] B. Boukenadil, "Importance of realistic mobility models for vanet network simulation," *Int. J. Comput. Netw. Commun.*, vol. 6, no. 5, pp. 175–182, Sep. 2014.
- [10] S. Al-Sultan, M. M. Al-Doori, A. H. Al-Bayatti, and H. Zedan, "A comprehensive survey on vehicular Ad Hoc network," *J. Netw. Comput. Appl.*, vol. 37, pp. 380–392, Jan. 2014.
- [11] N. Akhtar, S. C. Ergen, and O. Ozkasap, "Vehicle Mobility and Communication Channel Models for Realistic and Efficient Highway VANET Simulation," *IEEE Trans. Veh. Technol.*, vol. 64, no. 1, pp. 248–262, Jan. 2015.
- [12] C. H. Lee, K. G. Lim, B. L. Chua, R. K. Y. Chin, and K. T. K. Teo, "Progressing toward urban topology and mobility trace for Vehicular Ad Hoc Network (VANET)," in *2016 IEEE Conference on Open Systems (ICOS)*, 2016, pp. 120–125.
- [13] N. Basta, A. ElNahas, H. P. Grossmann, and S. Abdennadher, "Generic Geo-Social Mobility Model for VANET," in *2016 IEEE 84th Vehicular Technology Conference (VTC-Fall)*, 2016, pp. 1–5.
- [14] P.-K. Friday Oodee and G. Ikhazuangbe, "Using Derived Mobility Model Metrics to Evaluate the Impact of Transmission Range in Vehicular Networks," vol. 7, Mar. 2018.



- [15] R. Guyonnet, J. Monteil, B. Ghosh, and M. Bouroche, "Empirical and Simulation Analysis of the Relation between Microscopic and Macroscopic Traffic Considering Trajectory Data Sets," presented at the Transportation Research Board 96th Annual Meeting Transportation Research Board, 2017.
- [16] D. Krajzewicz, J. Erdmann, M. Behrisch, and L. Bieker, "Recent Development and Applications of SUMO - Simulation of Urban MObility," *Int. J. Adv. Syst. Meas.*, vol. 5, pp. 128–138, Dec. 2012.
- [17] F. Ramm, J. Topf, and S. Chilton, *OpenStreetMap: Using and Enhancing the Free Map of the World*. UIT Cambridge, 2010.
- [18] A. Laouiti, A. Qayyum, and M. N. M. Saad, Eds., *Vehicular Ad-Hoc Networks for Smart Cities: Second International Workshop, 2016*. Springer Singapore, 2017.
- [19] T. E. Ali, L. A. K. al Dulaimi, and Y. E. Majeed, "Review and performance comparison of VANET protocols: AODV, DSR, OLSR, DYMO, DSDV ZRP," in *2016 Al-Sadeq International Conference on Multidisciplinary in IT and Communication Science and Applications (AIC-MITCSA)*, 2016, pp. 1–6.
- [20] P. Mutalik, N. S. V. J, R. V. Biradar, and V. G. C. Patil, "A comparative study on AODV, DSR and DSDV routing protocols for Intelligent Transportation System (ITS) in metro cities for road traffic safety using VANET route traffic analysis (VRTA)," in *2016 IEEE International Conference on Advances in Electronics, Communication and Computer Technology (ICAECCT)*, 2016, pp. 383–386.
- [21] B. Hamid and E. N. E. Mokhtar, "Performance analysis of the Vehicular Ad hoc Networks (VANET) routing protocols AODV, DSDV and OLSR," in *2015 5th International Conference on Information Communication Technology and Accessibility (ICTA)*, 2015, pp. 1–6.
- [22] T. S. Chouhan and R. S. Deshmukh, "Analysis of DSDV, OLSR and AODV Routing Protocols in VANETS Scenario: Using NS3," in *2015 International Conference on Computational Intelligence and Communication Networks (CICN)*, 2015, pp. 85–89.
- [23] A. Dua, N. Kumar, and S. Bawa, "A systematic review on routing protocols for Vehicular Ad Hoc Networks," *Veh. Commun.*, vol. 1, no. 1, pp. 33–52, Jan. 2014.
- [24] X. Zhang, X. Cao, L. Yan, and D. K. Sung, "A Street-Centric Opportunistic Routing Protocol Based on Link Correlation for Urban VANETs," *IEEE Trans. Mob. Comput.*, vol. 15, no. 7, pp. 1586–1599, Jul. 2016.
- [25] X. M. Zhang, K. H. Chen, X. L. Cao, and D. K. Sung, "A Street-Centric Routing Protocol Based on Microtopology in Vehicular Ad Hoc Networks," *IEEE Trans. Veh. Technol.*, vol. 65, no. 7, pp. 5680–5694, Jul. 2016.



Rancang Bangun Robot Pengangkut Sampah pada Kanal Sempit

Muhtar^{1*}, Rafiuddin Syam¹, Zulkifli Djafar¹

¹Departemen Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin, Makassar
Jl. Poros Malino km. 6, Bontomarannu, Kabupaten Gowa, Sulawesi Selatan 92171

*Email: muhtar_st@yahoo.com

DOI: 10.25042/jpe.112018.05

Abstrak

Salah satu penyebab terjadinya banjir adalah faktor sampah yang banyak tersebar di kanal. Salah satu cara mengatasinya adalah dengan membuat robot pengangkut sampah pada kanal sempit. Adapun tujuan penelitian ini adalah merancang sebuah model robot pengangkut sampah pada kanal dan mampu membuat program arduino dalam mengoperasikan robot tersebut. Bagian-bagian robot ini adalah rumah robot, rangka pengangkut sampah, pengangkut sampah, motor penggerak sistem, roda penggerak, arduino uno dan perangkatnya serta aki. Prinsip kerja robot ini adalah program memberi perintah kerja pada sistem atau motor penggerak untuk menggerakkan rangka pengangkut sampah bergerak turun ke kanal untuk menemukan air. Di saat sensor air telah menyentuh air maka sensor akan mengirim ke program agar memberhentikan motor penggerak rangka pengangkut sampah. Bersamaan dengan itu, program memerintahkan/mengirim sinyal ke motor penggerak pengangkut sampah (jaring-jaring dan bilah pipa) agar berputar, sehingga bergerak menyaring sampah yang ada. Pada penelitian ini robot pengangkut mampu mengangkat sampah 5 kg sehingga diperoleh torsi mesin 7,5 kg.cm dan Daya sebesar 117,75 Watt. Sedangkan menurut perhitungan mesin robot ini mampu mengangkat sampah sebesar 66,7 kg memiliki torsi sebesar 100 kg.cm dan daya sebesar 14401,7 watt

Abstract

Design of Robot Transporting Garbage in Narrow Canals. One of the causes of flooding is the waste factor that is widely spread in the canal. One way to overcome this is to make a robot transporting garbage on a narrow canal. The purpose of this research is to design a model robot garbage transporter on the channel and able to make arduino program in operation this robot. Parts of this robot is a house of robot, garbage truck, garbage haul, motor drive system, wheel pemer, arduino uno and its devices and batteries. The working principle of this robot is a program send signals to system or motor drive to move the frame moving the waste down to the canal to find water. When the water sensor has touched the water, the sensor will send to the program to stop the motor driving the truck carrying garbage. At the same time, the program commands/sends signals to the garbage transporting motor (the webs and pipes) to rotate, so that it moves through the existing waste. In this research, the robot transporter is able to lift 5 kg of waste. So, the engine torque is 7.5 kg.cm and the power is 117.75 Watt. But according to calculations robot machine is able to lift the garbage of 66.7 kg has a torque of 100 kg.cm and power of 14401.7 watts

Kata Kunci: Kanal, motor, sensor, torsi

1. Pendahuluan

Berdasarkan definisinya, sampah adalah buangan yang dihasilkan dari suatu proses produksi baik industri maupun domestik atau rumah tangga. Adapun definisi sampah menurut undang-undang nomor 18 tahun 2008 tentang pengelolaan sampah bahwa sampah adalah sisa kegiatan sehari-hari manusia atau proses alam yang berbentuk padat atau semi padat, berupa zat organik atau anorganik bersifat dapat terurai atau tidak dapat terurai yang dianggap tidak berguna lagi dan dibuang ke lingkungan [1].

Menurut liputan 6.com jumlah sampah di kota Makassar pada tahun 2016 sekitar 700-800 ton perhari, jauh lebih meningkat dari tahun sebelumnya. Pada tahun 2015 jumlah sampah yang masuk di TPA Tamangapa sekitar 400 ton. Jumlah sampah yang masuk ke TPA tahun 2016 ini meningkat drastic. Hal itu disebabkan karna hampir seluruh sampah yang berada di lorong atau gang sudah terjamah petugas kebersihan dan semuanya dibawah masuk atau dibuang ke TPA Tamangapa, kecuali sampah-sampah yang terdapat pada kanal-kanal atau got belum maksimal terangkut. Melihat kondisi ini kami

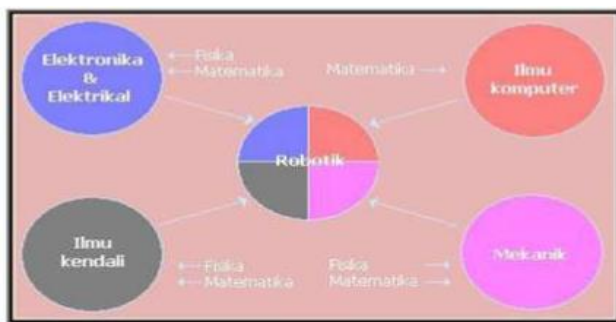


bermaksud mendesain alat pengangkut sampah agar memudahkan pengangkutan sampah dari kanal-kanal yang sempit (got) demi terwujudnya Makassar Tidak Rantasa.

2. Tinjauan Pustaka

Kata Robot berasal dari bahasa Czech “ROBOTA” yang artinya pekerja budak. Istilah robot dikenalkan oleh Karel Capek pada tahun 1921. Penggunaan kata ROBOT dikenalkan oleh Capek dengan menjadikan kata itu nama perusahaannya, Rossum Universal Robot (RUR) pada bulan Januari 1921. Perbedaan mendasar dari Mekatronika dan Robotika adalah dari derajat kebebasan gerakannya. Derajat Kebebasan atau DOF (*Degree of Freedom*) dari peralatan/mesin yang didefinisikan sebagai mekatronika maksimal 2. Sedangkan DOF untuk peralatan/mesin yang didefinisikan sebagai robot haruslah mempunyai lebih dari 2 DOF. Dari berbagai literatur robot dapat didefinisikan sebagai sebuah alat mekanik yang dapat diprogram berdasarkan informasi dari lingkungan (melalui sensor) sehingga dapat melaksanakan beberapa tugas tertentu baik secara otomatis ataupun tidak sesuai program yang di inputkan berdasarkan logika [2].

Berikut ini merupakan skema dari dasar-dasar robotika:



Gambar 1. Skema dasar-dasar robotika

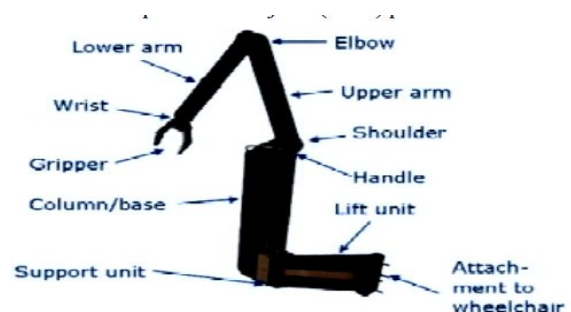
Robot pada awalnya diciptakan untuk menggantikan kerja manusia untuk sesuatu yang berulang, membutuhkan ketepatan yang tinggi dan juga untuk menggantikan manusia bila harus berhubungan dengan daerah berbahaya. Penggunaan robot lebih banyak terletak pada industri, misalnya untuk proses welding pada industri otomotif. Selain pada industri,

penggunaan robot semakin berkembang luas. Seiring berkembangnya teknologi, berbagai robot dibuat dengan spesialisasi atau keistimewaan tertentu. Robot dengan keistimewaan tertentu sangat erat kaitannya dengan pemenuhan kebutuhan dalam dunia industri modern, dimana industri modern menuntut adanya suatu alat dengan kemampuan tinggi yang dapat membantu menyelesaikan pekerjaan manusia ataupun menyelesaikan pekerjaan yang tidak mampu diselesaikan manusia. Tidak semua robot memiliki jumlah dan jenis komponen yang sama. Jenis dan jumlah komponen utama robot sangat tergantung pada jenis tugas apa yang akan dilakukan [3]. Berikut komponen robot secara umum:

2.1. Manipulator

Manipulator merupakan sistem mekanik yang menunjukkan pergerakan dari robot. Sistem mekanik ini terdiri dari susunan link (rangka) dan joint (sendi) yang mampu menghasilkan gerakan yang terkontrol, sebagai rangkaian umpan balik terbuka maupun rangkaian umpan balik tertutup yang dihubungkan dengan sendi-sendi dan dapat melakukan gerakan-gerakan secara bebas. Beberapa istilah dalam manipulator robot yaitu:

- Joint (sendi) yaitu koneksi antar link yang dapat menentukan pergerakan. Pada Gambar 2 berikut merupakan contoh joint (sendi) pada robot



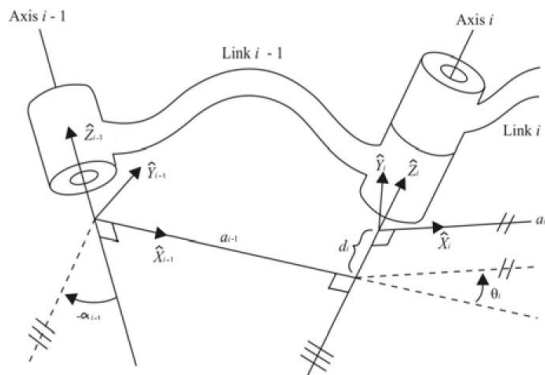
Gambar 2. Join atau sendi pada robot

- Link merupakan bagian-bagian kerangka yang kaku yang dihubungkan secara bersamaan sehingga membentuk suatu rangkaian kinematik [4].

Bagian dasar manipulator terpasang secara permanen pada lantai area kerja ataupun terpasang pada rel. Rel berfungsi sebagai *path* atau alur sehingga memungkinkan robot untuk bergerak dari satu lokasi ke lokasi lainnya dalam satu area kerja. Bagian tambahan merupakan perluasan dari bagian dasar, bisa disebut juga lengan atau *arm*. Bagian ujungnya terpasang pada *end effektor* yang berfungsi untuk mengambil atau mencekam material. Manipulator digerakkan oleh aktuatur atau disebut sistem *drive* yang menyebabkan gerakan yang bervariasi dari manipulator.

2.2. Notasi Denavit Hartenberg

Untuk membentuk persamaan lengan robot berjenis *articulated robot*, digunakan notasi Denavit-Hartenberg. Notasi ini mendeskripsikan parameter hubungan antara satu sendi/lengan dengan sendi/lengan lainnya. Notasi ini terdiri atas 4 parameter yaitu a_i , α_i , d_i , dan Θ_i dan dituliskan pada sumbu XYZ. Gambar berikut memperlihatkan posisi notasi tersebut:



a_i = jarak dari Z_i ke Z_{i+1} diukur sepanjang X_i

α_i = sudut antara Z_i ke Z_{i+1} diukur seputar X_i

d_i = jarak dari X_{i-1} ke X_i diukur sepanjang Z_i

Θ_i = sudut antara X_{i-1} ke X_i diukur seputar Z_i

Gambar 3. Notasi denavit hartenberg

Dengan notasi tersebut posisi sebuah sendi yang terdapat pada ujung akhir sebuah lengan dapat dihitung berdasarkan posisi sending ujung awal lengan, sudut sendi, dan panjang lengan. Karena sebuah sendi menghubungkan antara sebuah lengan dengan lainnya maka posisi *end effector* yang pada simulator ini dimodelkan dengan sebuah gripper yang dapat dihitung [5].

2.3. Mobile Robot

Pada saat ini, telah ada sistem yang mampu mengontrol gerak robot pada area tidak teratur atau banyak rintangan [4]. Dalam hal ini ada banyak temuan dan aplikasi dalam hal ini yang mampu mengontrol robot tersebut. Misalnya, NASA adalah menggunakan mobile robot untuk mengeksplorasi permukaan Mars [6]. Area yang tidak teratur mungkin memiliki beberapa rintangan. Untuk alasan ini, roda mobile robot harus mampu mendeteksi lingkungan/ atau area. Untuk ini, sensor ultrasonik dan sistem stereovision harus berada di dalam mobile robot untuk memberikan kontrol. Pada tahap mekanisme pergerakan robot, perangkat sensor memungkinkan pengembangan strategi kontrol untuk menyelesaikannya ketika robot harus berurusan dengan masalah yang kompleks. Ketika robot bergerak menuju target dan mendeteksi ada hambatan atau kemiringan, perlu cara untuk menghindarinya. Untuk proses yang efektif dari robot cerdas, robot dilengkapi dengan sistem pengenalan area dan sistem untuk menganalisis situasi, membuat keputusan, dan melakukan perencanaan [7].

2.4. Ujung (*end effector*)

End effector berfungsi sebagai bagian terakhir yang menghubungkan antara manipulator dengan objek yang akan dijadikan kerja dari robot. *End effector* jika disamakan dengan manusia seperti jari-jari tangan yang dapat digerakkan untuk memindah atau mengangkat material ataupun peralatan yang dapat digunakan untuk mengelas, mengecat, menempa, mengisi botol dan lain-lain sesuai dengan kebutuhan. Bentuk efektor banyak memiliki banyak jenis, salah satunya adalah *gripper* [2].

2.5. Pengendali (*Controller*)

Kontroler merupakan jantung dari sistem robot sehingga keberadaannya sangat penting. Kontroler menyimpan informasi yang berkaitan dengan data-data robot, dalam hal ini data gerakan robot yang telah diprogram sebelumnya.



3. Metode Penelitian

Penelitian yang kami lakukan diawali dengan proses desain yang terbagi atas dua bagian utama, yaitu desain sistem mekanik yang kemudian dilanjutkan dengan proses mendesain rangka sebagai tempat tumpuan pada saat sistem mekanik bekerja.

Adapun desain robot pengangkut sampah pada kanal sempit yang telah kami rancang pada penelitian ini dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 4. Desain robot pengangkut sampah pada kanal sempit

Adapun dimensi robot tersebut sebagai berikut:

3.1. Rumah robot

Rumah robot terbuat dari besi siku dengan dimensi panjang 50 cm, lebar 40 cm dan tinggi 50 cm dengan dinding terbuat dari plat aluminium dengan alas terbuat dari kawat jaring-jaring diameter 5 mm. Besi siku-besi siku yang berjumlah 12 potongan itu dihubungkan membentuk rangka bak sampah. Ujung-ujung besi siku tersebut dihubungkan satu sama lain melalui proses pengelasan. Seperti pada Gambar berikut:



Gambar 5. Rumah robot pengangkut sampah kanal sempit

3.2. Rangka Pengangkut Sampah

Rangka pengangkut sampah dengan ukuran 120 cm x 40 cm. penyangga utama terbuat dari besi holo dengan dimensi panjang 120 cm, lebar 2 cm dan tinggi 3 cm. kedua ujung besi holo tersebut dihubungkan dengan roda gigi sepeda bersama dudukannya baik pada rangka sebelah kiri maupun sebelah kanan. Kedua roda gigi tersebut dihubungkan agar membentuk sebuah poros dari suatu rangka pengangkut sampah. Untuk memudahkan pergerakan poros tersebut maka pada kedua ujung besi dipasang bearing. Berdasarkan poros yang dipakai dengan diameter 14 mm, maka jenis bantalan yang sesuai untuk digunakan dalam mendesain stand conveyer robot ini adalah bantalan gelinding dengan nomor bantalan 6304 ZZ, ukuran diameter dalam (d) = 15 mm, diameter luar (D) = 30 mm, lebar (B) = 10 mm, jari-jari bola (r) = 2 mm. untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar berikut:



Gambar 6. Rangka pengangkut sampah kanal sempit

Roda gigi tersebut dihubungkan dengan rantai sepeda agar dapat berputar yang nantinya dapat menaikturunkan penjaring sampah pada kanal. Setelah rantai terpasang pada sisi kiri dan kanan maka rantai tersebut dihubungkan dengan jaring jaring agar membentuk seperti sebuah konveyor yang dapat bergerak. Agar pengangkutan sampah maksimal maka pada bagian atas jaring-jaring dipasang bilahan pipa. Sebagai penggerak rangka pengangkut sampah, pada ujung poros rangka tersebut dipasang roda gigi dengan diameter 6 cm yang dihubungkan dengan motor DC 12 Volt 4 A melalui rantai penggerak. Pada poros motor juga dipasang roda gigi dengan diameter 2 cm, motor

tersebut dipasang pada rangka pengangkut sampah yaitu pada batang besi holo.

Untuk memperluas medan jangkauan dari pengangkut sampah ini maka rangka ini bergerak naik turun dengan kemiringan 45 derajat. Adapun sistem yang digunakan dalam pergerakan tersebut adalah sistem ulir, yaitu dengan memasang pada bagaian bawa rangka tersebut ulir sepanjang 100 cm yang bertumpu pada besi siku yang dipasang dibawah penyangga rangka. Untuk menggerakkan ulir tersebut maka kedua ulir tersebut dipasang dengan roda gigi yang dihubungkan ke motor penggerak DC 12 Volt 4 A melalui rantai penggerak. Motor tersebut dipasang pada batang besi rangka pengangkut sampah. Untuk menghindari gesekan antara rangka pengangkut sampah dengan penumpu besi holo maka dipasang empat buah bearing yang berfungsi sebagai roda rangka pengangkut sampah saat pergerakan naik turun.

3.3. Roda Penggerak

Untuk memudahkan proses pergerakan robot baik untuk maju mundur maupun kiri kanan maka pada bagian depan robot dipasang dua buah roda putar yang terbuat dari karet tebal 10 cm dengan peleg 10 cm. roda ini juga berfungsi sebagai penyangga bagian depan robot. Adapun penyangga bagian belakang maka dipasang dua buah roda dengan diameter 10 cm.

3.4. Motor Penggerak

Adapun motor penggerak yang digunakan pada penelitian ini adalah Motor DC Geared Kursi Roda dengan spesifikas sebagai berikut:

- Built – in gearbox
- V suplai : DC 12 Volt
- Arus : 4 Amper
- Speed : 500 rpm
- Torsi : 100.g.cm
- Dimensi body : panjang 12,5 cm dengan diameter 5 cm
- Dimensi shaft : panjang 1,5 cm dengan diameter 1,5 cm
- Berat motor ; 930 gram
- Aplikasi : penggerak kursi roda elektrik, chair wheel transformer, motor lawn movered

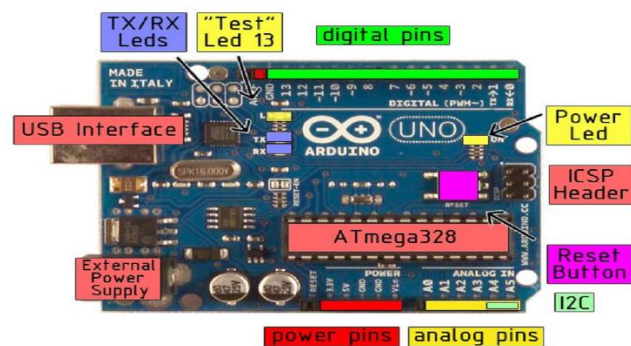
- Sudut ulir (α) = 4°
- Massa sampah (P) = 5 kg



Gambar 7. Motor penggerak robot pengangkut sampah

3.5. Micro Controller Universal

Pada penelitian ini Microcontroller yang digunakan adalah Arduino Uno. Berikut ini Gambar model arduino uno:



Gambar 8. Perangkat arduino uno

3.6. Sensor air

Sensor air digunakan untuk mendeteksi adanya air. Terdapat serangkaian konduktor parallel pada sensor yang dapat mendeteksi air. Output sensor ini adalah adanya sinyal analog yang akan dibaca oleh MCU seperti arduino uno untuk selanjutnya diolah agar diketahui kedalaman air. Adapun sensor air yang dipakai pada penelitian ini adalah Water Level Sensor dengan spesifikasi sebagai berikut: tegangan 3-5 V (DC), konsumsi arus 20 mA, tipe analog, area deteksi 40 mm x 16 mm, tempertur kerja 10 °C sampai -30 °C, kelembaban 10-90%, massa 3,5 g, dimensi 62 x 20 x 8 mm.



Gambar 9. Water level sensor

4. Hasil dan Pembahasan

Pada penelitian ini telah berhasil dibuat rancangan robot pengangkut sampah seperti pada Gambar 4.

4.1. Program Arduino Uno

Setelah bodi robot selesai didesain maka langkah selanjutnya adalah membuat program pada software arduino uno. Adapun programnya sebagai berikut:

```
const int M1_MaPWM=11;
const int M1_MuPWM=10;
const int M2_MaPWM=9;
const int M2_MuPWM=6;
const int M1_MaEN=2;
const int M1_MuEN=3;
const int M2_MaEN=4;
const int M2_MuEN=5;
const int limit = 8;
const int tumboll = 7;
  tumbol;
const int sensor = A2;
int air;
int acc =0;
void setup() {
  // put your setup code here, to run
  once:
  Serial.begin(57600);
  pinMode(M1_MaPWM,OUTPUT);
  pinMode(M1_MuPWM,OUTPUT);
  pinMode(M1_MaEN,OUTPUT);
  pinMode(M1_MuEN,OUTPUT);
  pinMode(M2_MaPWM,OUTPUT);
  pinMode(M2_MuPWM,OUTPUT);
  pinMode(M2_MaEN,OUTPUT);
  pinMode(M2_MuEN,OUTPUT);
  pinMode(tumboll,INPUT);
  pinMode(limit,INPUT);
  pinMode(sensor,INPUT);
```

```
digitalWrite(M1_MaEN,HIGH);
digitalWrite(M1_MuEN,HIGH);
digitalWrite(M2_MaEN,HIGH);
digitalWrite(M2_MuEN,HIGH);
}
```

Program ini berhasil menjalankan robot sesuai yang diinginkan.

4.2. Prinsip Kerja Robot

Adapun prinsip kerjanya sebagai berikut: Prinsip kerja robot ini adalah bekerja dengan menaik-turunkan rangka pengangkut sampah kedalam kanal untuk mengangkut sampah. Proses ini dilakukan dengan dengan memasang sensor pada ujung bawa rangka ini berupa sensor pendeteksi air yaitu sensor air dari arduino. Cara kerjanya adalah arduino akan memberi sinyal kepada motor untuk menggerakkan rangka sampai menemukan air. Ketika ujung rangka sudah menyentuh air maka sensor air akan menghentikan motor, dan mengirim sinyal kepada motor pemutar bagian pengangkut sampah agar berputar menyaring sampah yang ada pada kanal untuk diangkut ke atas lalu diturunkan pada talang yang berada pada bagian belakang robot pengangkut sampah.

4.3. Torsi dan Daya Robot

Adapun torsi dan daya dari robot ini adalah: Menurut data pada motor yang digunakan besarnya beban yang dapat diangkat adalah

$$w = \frac{T}{d \text{ motor}} = \frac{100}{1,5} = 66,7 \text{ kg}$$

sehingga gaya yang dihasilkan adalah $F = m \times g = 66,7 \times 10 = 667 \text{ N}$.

Jadi robot ini mampu mengangkat sampah sampai kurang lebih 67 kg. Pada penelitian yang telah kami lakukan robot hanya dibebani maksimal 5 kg sampah sehingga torsi pada beban ini adalah

$$T = m \times d = 5 \times 1,5 = 7,5 \text{ kg.cm}$$

Adapun daya pada motor atau robot ini adalah

$$\begin{aligned} \text{Power} &= T \times 2\pi \times n \\ &= 100 \text{ kg.cm} \times 3,14 \times 500 \text{ rpm} \times 9,81 \times 10^{-2} \\ &= 15401,7 \text{ Watt} \end{aligned}$$

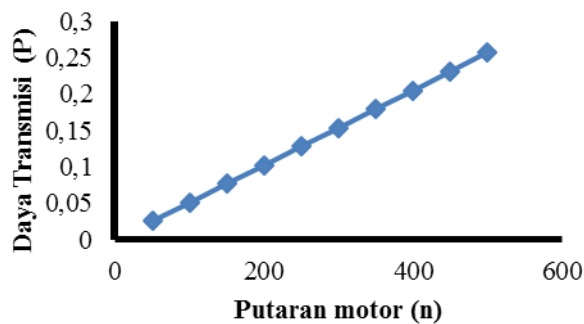


Sedangkan daya pada saat penelitian adalah

$$\begin{aligned}
 Power &= T \times 2\pi \times n \\
 &= 7.5 \text{ kg.cm} \times 3,14 \times 500 \text{ rpm} \times 10^{-2} \\
 &= 117,75 \text{ Watt}
 \end{aligned}$$

4.4. Hubungan Putaran, Kecepatan dan Daya Pada Motor dan Sistem

Berdasarkan pengolahan data didapatkan bahwa putaran motor memiliki pengaruh yang begitu besar dengan kecepatan dan daya yang dihasilkan oleh motor dan sistem. Putaran motor memberikan pengaruh yang begitu besar dengan kecepatan motor. Untuk lebih jelasnya hubungan antara putaran motor dengan kecepatan dapat dilihat pada Gambar berikut:

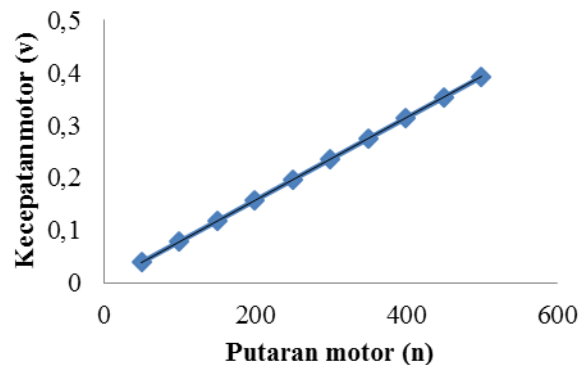


Gambar 10. Grafik hubungan antara putaran motor dengan kecepatan motor

Berdasarkan grafik di atas dapat dijelaskan bahwa putaran motor berbanding lurus dengan kecepatan yang dihasilkan oleh motor. Hal ini disebabkan karena kecepatan motor bergantung pada besar kecilnya putaran motor. Putaran motor yang bervariasi dan cenderung meningkat dengan diameter yang tetap akan memberikan kecepatan motor yang besar. Putaran motor adalah variabel yang sangat mempengaruhi waktu dalam proses permesinan atau penggunaan motor. Dengan putaran motor yang besar akan memberikan waktu yang lebih sedikit sehingga hal ini berpengaruh pada kecepatan yang dihasilkan.

Di samping itu, putaran motor juga sangat berpengaruh terhadap daya yang ditransmisikan ke sistem dalam hal ini berpengaruh terhadap kemampuan atau daya yang digunakan untuk menggerakkan rangka pengangkut sampah dan kemampuan mengangkat beban dari kanal. Hal ini

disebabkan karena daya yang ditransmisikan ke pengangkut sampah sangat dipengaruhi oleh kecepatan motor. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar berikut:



Gambar 11. Grafik hubungan antara putaran mesin dengan daya yang ditransmisikan

Berdasarkan grafik di atas dapat dijelaskan bahwa semakin besar putaran mesin maka daya yang dihasilkan juga besar. Karena putaran yang besar mampu menghasilkan kecepatan yang tinggi yang pada gilirannya akan meningkatkan daya yang dihasilkan.

Daya yang dihasilkan oleh motor karena akibat torsi pada motor tersebut memiliki nilai yang berbeda dengan daya yang ditransmisikan pada pengangkut sampah. Untuk lebih jelas, perbandingannya dapat dilihat pada Tabel berikut:

Tabel 1. Perbandingan daya motor dengan daya yang ditransmisikan

No	Daya Motor (KW)	Daya Transmisi (KW)
1	0,52	0,26
2	0,47	0,23
3	0,42	0,21
4	0,37	0,18
5	0,31	0,15
6	0,26	0,13
7	0,21	0,10
8	0,16	0,08
9	0,10	0,05
10	0,05	0,03

Dari Tabel tersebut didapatkan bahwa daya yang ditransmisikan lebih rendah dari pada daya yang dihasilkan motor karena tidak semua daya



datri motor dikonversi sepenuhnya menjadi daya sistem atau pengangkut sampah. Hal ini disebabkan karena adanya faktor-faktor yang dapat mereduksi daya tersebut sebelum sampai pada sistem. Faktor-faktor tersebut adalah adanya getaran, beban sistem dan proses mekanik lainnya.

5. Kesimpulan

- Pada penelitian ini kami berhasil merancang model robot pengangkut sampah pada kanal sempit. Adapun bagian bagian dari robot tersebut adalah:
Rumah robot, rangka pengangkut sampah, pengangkut sampah berupa jaring-jaring dan bilahan pipa, roda penggerak robot, talang sampah, rangkaian ARDUINO UNO, dan aki
- Pada penelitian ini kami berhasil merancang program penggerak robot dengan soft ware Arduino Uno. Pada program ini program memberi perintah kerja pada sistem atau motor penggerak untuk menggerakkan rangka pengangkut sampah bergerak turun ke kanal mencari air. Di saat sensor air telah menyentuh air maka sensor akan mengirim ke program agar memberhentikan motor penggerak rangka tersebut. Bersamaan dengan itu program memerintahkan/mengirim sinyal ke motor penggerak pengangkut sampah agar berputar, sehingga pengangkut sampah bergerak menyaring sampah yang ada.

Referensi

- [1] Ridho Azlam. 2006. *Pengolahan Sampah Organik dan Anorganik*. Bandung
- [2] Pacchierotti, E., Christensen, H., Jensfelt, P. 2005. *Human robot embodied interaction in hallway settings: a pilot user study. Paper presented at the IEEE international workshop on robot and human interactive communication*. Nashville, USA, 2005
- [3] Lewis F.L., Abdallah, C.T. and Dawson, D.M. 1993. *Control of Robot Manipulators*. Macmillan, New York
- [4] Mester, G. 2009. *Intelligent Mobil Robot Control in Unknown Environments, Intelligent Eng. Systems and Computational Cybernetics. Part I. Intelligent Robotics*. Springer, Netherlands.
- [5] E. Sariyildiz, and H. Temeltas. 2009. *Solution of Inverse Kinematic Problem for Serial Robot Using Dual Quaternion and Plucker Coordinates*. IEEE/ASME, Singapore.
- [6] Seraji, H, Howard, A. and Tunstel, E. 2001. *Terrain-based Navigation of Planetary Rovers: A Fuzzy Logic Approach*. Quebec, Canada.
- [7] Xu, W.L, Tso, S.K. and Fung, Y.H.: *Fuzzy Reactive Control of a Mobile Robot Incorporating a Real/Virtual Target Switching Strategy*.



Model Sistem Perparkiran Kendaraan di Bandar Udara Sentani Jayapura

Johanis Taran*¹, Sakti Adji Adisasmita¹, Mubassirang Pasra¹

¹Departemen Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin, Makassar
Jl. Poros Malino km. 6, Bontomarannu, Kabupaten Gowa, Sulawesi Selatan 92171

*Email: johanistaran@gmail.com

DOI: 10.25042/jpe.112018.06

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik kondisi eksisting, persepsi responden pengguna lahan parkir, dan kebutuhan ruang parkir berdasarkan tingkat akumulasi tertinggi. Metode pengumpulan data dilakukan dengan cara survei langsung ke lapangan untuk mencatat jumlah dan waktu kendaraan saat masuk dan keluar serta survei persepsi responden pengguna parkir dengan menggunakan kuisioner. Hasil analisis data memperlihatkan bahwa rata-rata volume kendaraan perhari adalah sebesar 2649 dengan akumulasi rata-rata tertinggi adalah sebesar 639. Durasi kendaraan rata-rata perhari adalah 1,65 kendaraan/jam, nilai parking turn over rata-rata sebesar 6 dan indek parkir sebesar 1,48%, hal ini berarti bahwa rata-rata perhari hanya 6 kendaraan yang bergantian menempati 1 ruang parkir. Angka pergantian parkir yang rendah ini disebabkan karena volume kendaraan sangat tinggi dengan durasi parkir cukup lama namun ruang parkir yang tersedia sangat kurang yakni sebanyak 432 ruang parkir, sehingga berdampak pada over kapasitas parkir yang dapat dilihat dari tingginya angka akumulasi parkir yang terjadi pada jam puncak yaitu pada pukul 12.30-13.00 wit. Dari 313 responden pengguna parkir yang memberikan tanggapan terhadap 16 parameter tentang karakteristik lahan parkir, 5% menyatakan sangat layak, 23% menyatakan layak, 57% menyatakan kurang layak, 11% menyatakan buruk, dan 5% menyatakan sangat buruk. Model kebutuhan ruang parkir menunjukkan adanya hubungan antara volume kendaraan dan akumulasi sebesar $R=0,67$ dengan model $y = 0,06972x + 454,07$, Kapasitas dan akumulasi sebesar $R = 0,62$ dengan model $y = 0,0696x + 454,07$, Durasi dan akumulasi sebesar $R = 0,60$ dengan model $y = -91,72x + 789,49$.

Abstract

Model of Vehicle Parking System at Sentani Airport, Jayapura. This study aims to determine the characteristics of existing conditions, the perceptions of respondents of parking users, and the need for parking space based on the highest accumulation rate. Methods of data collection is done by direct survey to the field to record the number and time of the vehicle when entering and exiting and survey the perception of respondents parking users by using questionnaires. The result of data analysis shows that the average daily vehicle volume is 2649 with the highest average accumulation is 639. Average vehicle duration per day is 1.65 vehicles/hour, average parking turn over value of 6 and parking index of 1.48%, this means that on average per day only 6 vehicles alternately occupy 1 parking space. Low parking turnover is due to the very high vehicle volume with a long parking duration but parking space available is very less ie as many as 432 parking spaces, so that the impact on over-capacity parking that can be seen from the high number of parking accumulation that occurred at the peak hour is at 12:30 to 13:00 pm. From 313 respondents of parking users who responded to 16 parameters about the characteristics of parking lots, 5% stated very worthy, 23% stated feasible, 57% said it was not feasible, 11% expressed bad, and 5% said very badly. The model of parking space needs shows the relationship between vehicle volume and accumulation of $R = 0.67$ with the model $y = 0.06972x + 454.07$, Capacity and accumulation of $R = 0.62$, with the model $y = 0.0696x + 454.07$, Duration and accumulation of $R = 0.60$ with the model $y = -91.72x + 789.49$.

Kata Kunci: Akumulasi, durasi, karakteristik, model regresi, parkir

1. Pendahuluan

Sebagai satu-satunya bandar udara yang melayani tiga kabupaten/kota disekitarnya maka Bandar Udara Sentani merupakan salah satu bandar udara yang memiliki aktifitas terpadat di Provinsi Papua karena selain melayani

transportasi penumpang, Bandar Udara Sentani juga melayani transportasi barang (kargo udara). Berdasarkan data, jumlah penumpang tahun 2010 berjumlah 1.080.927 penumpang dan pada tahun 2014 berjumlah 1.546.848 penumpang [1], sehingga tiap tahunnya rata-rata Tingkat



Pertumbuhan Tahunan-nya (*Average Annual Growth Rate*) mencapai 9,74%. Sedangkan jumlah penumpang dalam sehari berdasarkan data dari Direktorat Jenderal Perhubungan Udara berjumlah rata-rata sehari mencapai 2600 sampai 2700 penumpang sehari sedangkan untuk waktu-waktu libur mengalami lonjakan hingga 20% atau mencapai 3500-an penumpang sehari [1].

Dengan banyaknya peminat dalam menggunakan transportasi udara, maka pihak-pihak yang terkait seperti perusahaan penerbangan, dan pengelola bandar udara dituntut harus memaksimalkan pelayanan kepada pengguna transportasi udara, baik dari segi sarana maupun prasarana angkutan udara. Fasilitas parkir kendaraan pada bandar udara merupakan salah satu sarana penting dalam menunjang kelancaran pelayanan transportasi udara, dimana menurut Keputusan Dirjen Perhubungan Udara Nomor : SKEP/77/VI/2005 tentang Persyaratan Teknis Pengoperasian Fasilitas Teknik Bandar Udara, bila jumlah kendaraan yang parkir lebih dari 1.200 kendaraan sehari yang diukur berdasarkan jumlah penumpang waktu sibuk sehari antara 501 sampai 1.500 penumpang maka luas area parkir minimal 17.535 m^2 [2].

Dengan demikian bila dibandingkan dengan kondisi eksisting saat ini dimana area parkir kendaraan pada Bandar Udara Sentani Jayapura hanya memiliki luas keseluruhan $\pm 4000 \text{ m}^2$, namun luasan ini sudah mencakup area parkir untuk lokasi droping penumpang, parkir bus bandara dan taxi bandara, maka dapat dikatakan sangat kurang bahkan jauh dari standar yang dipersyaratkan. Dengan kondisi keterbatasan lahan parkir maka berdampak pada ketersediaan ruang parkir kendaraan roda empat hanya terdiri dari 432 SRP, sehingga mengakibatkan over kapasitas parkir pada saat jam puncak akibat dari akumulasi parkir yang tinggi dan durasi parkir kendaraan yang cukup lama menempati ruang parkir yang tersedia.

Kondisi lainnya dilihat dari segi pengembangan atau perluasan lokasi parkir untuk sementara ini merupakan satu masalah yang tidak mungkin secepatnya dapat direalisasikan karena lokasi parkir kendaraan Bandar Udara Sentani diapit oleh lokasi perumahan penduduk,

perkantoran dan ruko-ruko. Dengan kondisi saat ini, tingkat layanan parkir kendaraan pada Bandar Udara Sentani jauh dari maksimal, hal ini bertambah parah bila memasuki hari-hari libur yang mana terjadi lonjakan jumlah kendaraan yang akan parkir dibandingkan dengan kapasitas tampung pada area parkir, sehingga menimbulkan berbagai permasalahan seperti kemacetan dan kesemerautan dilokasi parkir kendaraan yang mana hal ini tentunya akan berdampak pada tingkat layanan bagi pengguna parkir.

Selain masalah keterbatasan ruang parkir yang tersedia, terdapat pula masalah terkait atribut-atribut pada lokasi parkir Bandar Udara Sentani Jayapura yang tidak sesuai dengan standar yang telah ditetapkan oleh dirjen perhubungan tentang perpajakan kendaraan, seperti luas setiap petak parkir, luas modul, luas jalur sirkulasi, luas jalur masuk dan keluar, kerb (pemisah jalur parkir), kurangnya petugas parkir, rambu-rambu kurang terawat, pemeliharaan marka-marka parkir sangat kurang, jarak antara lokasi parkir dan loket pembayaran terlalu dekat sehingga sering terjadi antrian kendaraan yang panjang. Dengan demikian berdampak pada kenyamanan bagi pengguna parkir, seperti kemudahan kendaraan saat melakukan manuver untuk masuk maupun keluar dari petak parkir dan kemudahan saat membuka pintu, hal ini terjadi karena luas petak parkir yang terlalu sempit dan luas jalur gang terlalu sempit. Perilaku parkir juga menjadi masalah karena terdapat banyak pengguna kendaraan yang tidak memarkirkan kendaraannya tepat pada petak parkir yang tersedia sehingga mengakibatkan berkurangnya kapasitas tampung setiap jalur parkir.

Penelitian ini bertujuan untuk meninjau bagaimana karakteristik kondisi eksisting parkir yang mencakup volume atau jumlah kendaraan yang masuk dan keluar dari lokasi parkir, bagaimana tingkat akumulasi parkir, bagaimana durasi parkir kendaraan dan bagaimana kapasitas parkir yang tersedia. Akan ditinjau pula bagaimana model kebutuhan parkir berdasarkan hubungan antara faktor-faktor yang telah tersebut, selain itu akan dilakukan survei juga untuk mengetahui bagaimana persepsi pengguna parkir



tentang kondisi eksisting parkir terhadap tingkat layanan parkir.

2. Tinjauan Pustaka

2.1. Konsep Sistem Perparkiran

Objek yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebuah kapal ikan Pelat Datar berlisensi dengan kapasitas 10 GT. Desain badan kapal ini merupakan sebuah terobosan karena badan / lambung kapal dibuat tanpa ada lekukan pelat samasekali. Badan kapal terbuat dari baja dengan proses pembuatan terbilang singkat, berbiaya murah serta layak digunakan oleh nelayan lokal/tradisional di Indonesia.

Dalam membahas masalah perparkiran, perlu diketahui beberapa istilah penting sebagai berikut:

- Kapasitas Parkir: kapasitas parkir (nyata)/kapasitas yang terpakai dalam satu-satuan waktu atau kapasitas parkir yang disediakan (parkir kolektif) oleh pihak pengelola.
- Kapasitas Normal: kapasitas parkir (teoritis) yang dapat digunakan sebagai tempat parkir, yang dinyatakan dalam kendaraan. Kapasitas parkir dalam gedung perkantoran tergantung dalam luas lantai bangunan, maka makin besar luas lantai bangunan, makin besar pula kapasitas normalnya.
- Durasi Parkir: lamanya suatu kendaraan parkir pada suatu lokasi.
- Kawasan parkir: kawasan pada suatu areal yang memanfaatkan badan jalan sebagai fasilitas dan terdapat pengendalian parkir melalui pintu masuk.
- Kebutuhan parkir: jumlah ruang parkir yang dibutuhkan yang besarnya dipengaruhi oleh berbagai faktor seperti tingkat pemilikan kendaraan pribadi, tingkat kesulitan menuju daerah yang bersangkutan, ketersediaan angkutan umum, dan tarif parkir.
- Lama Parkir: jumlah rata-rata waktu parkir pada petak parkir yang tersedia yang dinyatakan dalam 1/2 jam, 1 jam, 1 hari.
- Puncak Parkir: akumulasi parkir rata-rata tertinggi dengan satuan kendaraan.

- Jalur sirkulasi: tempat yang digunakan untuk pergerakan kendaraan yang masuk dan keluar dari fasilitas parkir.
- Jalur gang: merupakan jalur dari dua deretan ruang parkir yang berdekatan.
- Retribusi parkir: pungutan yang dikenakan pada pemakai kendaraan yang memarkir kendaraannya di ruang parkir.

2.2. Pemodelan Sistem

Model adalah alat bantu atau media yang dapat digunakan untuk mencerminkan dan menyederhanakan suatu realita (dunia sebenarnya) secara terukur [3, 4], beberapa diantaranya adalah:

- Model fisik (model arsitek, model teknik, wayang golek, dan lain-lainnya).
- Model peta dan diagram.
- Model statistik dan matematik (fungsi atau persamaan) yang dapat menerangkan secara terukur beberapa aspek fisik, sosial ekonomi, atau model transportasi.

Semua model merupakan penyederhanaan realita untuk mendapatkan tujuan tertentu, yaitu penjelasan dan pengertian yang lebih mendalam serta untuk kepentingan peramalan.

2.3. Sasaran dan Kewenangan Penyelenggaraan Parkir

Sasaran utama dari penyelenggaraan parkir [5] adalah:

- Untuk mengendalikan jumlah kendaraan yang masuk kesuatu kawasan.
- Meningkatkan pendapatan asli daerah yang dikumpulkan melalui retribusi parkir.
- Meningkatkan fungsi jalan sehingga sesuai dengan peranannya.
- Meningkatkan kelancaran dan keselamatan lalu lintas.
- Mendukung tindakan pembatasan lalu lintas lainnya.

Kewenangan penyelenggaraan parkir [6] adalah :

- Pemerintah.
- Badan hukum Indonesia.
- Warga negara Indonesia.



3. Bahan dan Studi Metode

3.1. Penentuan lokasi penelitian

Penelitian ini bertempat di lokasi parkir kendaraan roda 4 Bandar Udara Sentani Jayapura.

3.2. Metode pengumpulan data

Metode pengumpulan data yang digunakan adalah, survei kordon (cordon count) untuk mengumpulkan data primer berupa waktu, nomor plat dan jumlah kendaraan saat masuk dan keluar parkir. Survei inventarisasi parkir untuk mengumpulkan data primer dan juga data sekunder berupa luas lahan parkir, luas petak parkir, luas gang, luas modul, jalur masuk dan keluar, jalur sirkulasi, pintu masuk dan keluar, rambu-rambu, marka-marka, penanggung jawab dan manajemen pengelolaan parkir. Survei kuisioner untuk mengumpulkan data persepsi responden tentang kondisi eksisting parkir terhadap tingkat layanannya, dimana model kuisioner terbagi 2 jenis yaitu kuisioner berbentuk fisik yang dicetak dan dibagi kepada pengunjung saat masuk kelokasi parkir, dan kuisioner online yang dikembangkan oleh google (*google drive*).

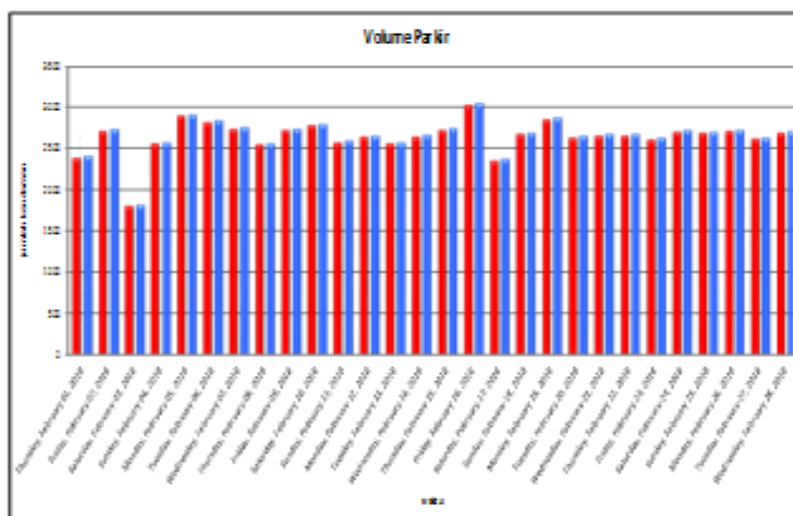
3.3. Pengolahan dan Analisa Data

Data hasil survei yang terkumpul selanjutnya akan diolah dengan dengan cara melakukan rekapitulasi data menggunakan program microsoft excel.

Sesuai dengan tujuan penelitian maka analisa data yang pertama adalah analisa karakteristik parkir yang meliputi volume kendaraan, akumulasi parkir, durasi, parking turn over, kapasitas parkir, dan indeks parkir. Kedua adalah analisa persepsi responden yang meliputi karakteristik responden, karateristik penumpang/pengunjung, karateristik kendaraan, dan karateristik kondisi eksisting parkir kendaraan. Ketiga adalah analisa pemodelan kebutuhan parkir yang meliputi model hubungan volume terhadap akumulasi, kapasitas terhadap akumulasi, dan durasi terhadap akumulasi.

4. Hasil dan Pembahasan

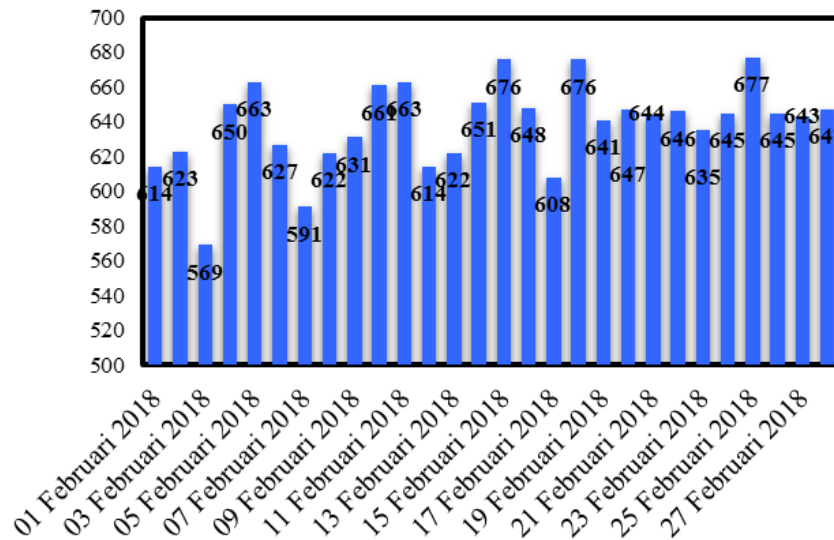
Gambar 1 menunjukkan volume kendaraan perhari mencapai rata-rata diatas 2600 kendaraan, dengan volume tertinggi terjadi pada mencapai diatas 3000 kendaraan. Gambar 2 menunjukkan akumulasi perhari mencapai rata-rata diatas 600 kendaraan, dengan akumulasi tertinggi terjadi pada mencapai diatas 677 kendaraan.



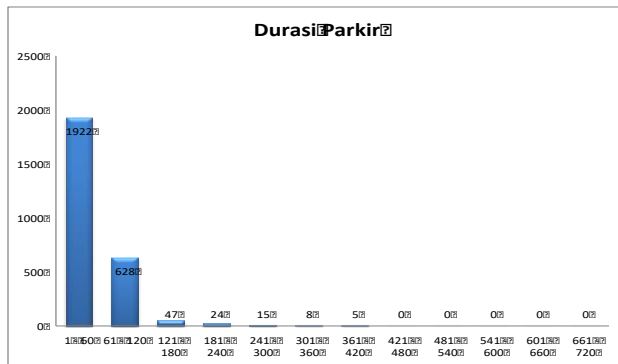
Gambar 1. Volume parkir kendaraan roda 4



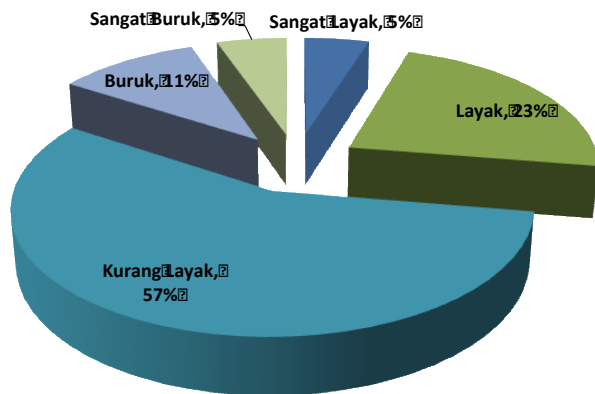
Akumulasi Parkir



Gambar 2. Akumulasi parkir kendaraan roda 4



Gambar 3. Akumulasi parkir kendaraan roda 4



Gambar 4. Persepsi responden

Gambar 3 menunjukkan durasi parkir kendaraan terbanyak adalah antara 1-2 jam dan berdasarkan hasil analisa durasi rata-rata adalah 1,37 jam/kendaraan.

Gambar 4 menunjukkan persentase persepsi responden terhadap kondisi eksisting parkiran kendaraan, dimana sebesar 5% menyatakan sangat layak, 23% menyatakan layak, 57% menyatakan kurang layak, 11% menyatakan buruk, dan 5% menyatakan sangat buruk.

5. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisa dan pembahasan maka dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut: (1) Rata-rata volume parkir kendaraan tertinggi adalah 2649 kendaraan perhari, rata-rata akumulasi tertinggi adalah sebesar 639 kendaraan yang terjadi pada pukul 11.00-12.00 wit. (2) Tingkat pergantian parkir rata-rata adalah 6 kendaraan perpetak yang berarti bahwa dalam selama waktu penelitian (12 jam/perhari) jumlah kendaraan yang menempati satu petak parkir hanya sebanyak 6 kendaraan, indeks parkir adalah 1,48% dan durasi parkir rata-rata adalah 1,65 kendaraan perjam, dan kapasitas parkir adalah 265 kendaraan perhari. (3) Dari 313 jumlah responden yang memberikan persepsi terhadap kondisi eksisting parkiran kendaraan, maka 5% menyatakan sangat layak, 23% menyatakan layak, 57% menyatakan kurang layak, 11% menyatakan buruk, dan 5% menyatakan sangat buruk.



Referensi

- [1] Dirjen Perhubungan Udara, Statistik Angkutan Udara, 2014.
- [2] Departemen Perhubungan Direktorat Jenderal Perhubungan Udara. 2005. "Persyaratan Teknik Bandar Udara", Peraturan Direktorat Jenderal Perhubungan Udara Nomor : SKEP/77/VI/2005".
- [3] Ofyan Z. Tamin, 2000, "Perencanaan dan Pemodelan Transportasi".
- [4] Ofyan Z. Tamin, 2008, "Perencanaan, Pemodelan, dan Rekayasa Transportasi : Teori, Contoh Soal, dan Aplikasi".
- [5] Direktorat Jenderal Perhubungan Darat, Direktorat Bina Sistem Lalu Lintas Angkutan Kota. 1998. "Pedoman Perencanaan dan Pengoperasian Fasilitas Parkir".
- [6] Departemen Perhubungan Direktorat Jenderal Perhubungan Udara. 2005. "Persyaratan Teknik Bandar Udara", Petunjuk Pelaksanaan Pemeliharaan Konstruksi Landas Pacu (*Runway*), Landas Hubung (*Taxiway*) dan Landas Parkir (*Apron*) serta Fasilitas Penunjang Bandar Udara Nomor : SKEP/78/VI/2005".



Reverberation Time dan Distribusi Bunyi dalam Ruang (Studi Kasus: Auditorium Lt. 1 Fakultas Teknik Kampus Gowa)

Anjas Prasetya Runtulalo^{1*}, Muhammad Ramli Rahim¹, Asniawaty Kusno¹

¹Departemen Teknik Arsitektur, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin
Jl. Poros Malino km. 6, Bontomarannu, Kabupaten Gowa, Sulawesi Selatan 92171

*Email: anjasprasetya@yahoo.com

DOI: 10.25042/jpe.112018.07

Abstrak

Penelitian ini bertujuan mengidentifikasi kualitas bunyi berdasarkan nilai kriteria kebisingan (*noise criteria*), *Reverberation Time* (RT), dan hasil distribusi suara berasal dari *speaker* dalam ruang Auditorium LT 1 Gedung Perpustakaan Kampus Gowa, Universitas Hasanuddin. Analisis kualitas bunyi ditinjau dari nilai *background noise* untuk menentukan *noise criteria* ruang, *reverberation time* (RT) sesuai rekomendasi berdasarkan jenis ruang, serta perilaku bunyi dalam ruang auditorium yang bersumber dari pengeras suara (*speaker*). Kemudian hasil nilai dari pengukuran dan simulasi disesuaikan dengan rekomendasi oleh McMullan dan SNI 03-6386-2000. Metode penelitian ini dilakukan dengan cara pengukuran lapangan untuk tingkat tekanan bunyi dan *reverberation time* (RT) sesuai titik ukur yang ditentukan dan menganalisis nilai *statistical* RT serta *linked acoustic rays* dan simulasi *rays and particles* dengan menggunakan simulasi komputer yaitu software *ecotect*. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa nilai kriteria kebisingan belum memenuhi rekomendasi Egan untuk ruang auditorium dengan kegiatan utama percakapan, sementara untuk waktu dengung (RT) belum dirasa maksimal untuk ruang auditorium dengan kegiatan percakapan, dan hasil analisis simulasi akustik dengan *ecotect* menemukan beberapa suara gema hasil dari pantulan suara dari bidang dinding bata auditorium.

Abstract

Reverberation Time and Sound Distribution in Room (Case Study: Auditorium Lt. 1 Faculty of Engineering, Gowa Campus). This research purpose is to identify sound quality based on noise criteria, reverberation time (RT) and sound distribution from speaker in the auditorium LT.1 Library at Gowa, Hasanuddin University. This Sound quality analysis shows that number of background noise to determine noise criteria in the room, recommended reverberation time based on the room type and sound behavior in audition room from the speaker. Then result from this stimulation adapted to the standart recommendation from McMullan SNI 03-6386-2000. This research method is carried out by means of field measurements for sound pressure levels and reverberation time (RT) according to the specified measuring points, then analyzing statistical RT values, simulating linked acoustic rays, and rays and particles simulation using *ecotect* software. The results of this study indicate that the value of noise criteria has not qualify Egan's recommendations for the auditorium with the main activities is conversation, while the reverberation time (RT) has not quite perfect yet for the auditorium with conversation activities, and the results of *ecotect* analysis using several echo sounds reflection from the field of the brick wall of the auditorium.

Kata Kunci: Akustik, *ecotect*, kriteria kebisingan, perilaku bunyi, waktu dengung

1. Pendahuluan

Auditorium merupakan suatu tempat untuk melaksanakan suatu kegiatan tertentu seperti teater atau pertunjukan, musik atau seni, maupun percakapan atau seminar. Desain akustik bagi auditorium untuk pertemuan harus dapat memberi kepuasan kepada setiap audiens atau pengunjung di berbagai sudut ruang agar dapat mendengar percakapan pemateri dengan jelas. Dalam auditorium untuk percakapan *intelligibility* (kejelasan) suara harus diberi prioritas utama.

Auditorium berasal dari kata audiens (penonton/penikmat) dan rium (tempat), sehingga auditorium dapat diartikan sebagai tempat berkumpulnya penonton untuk menyaksikan suatu acara tertentu. Berdasarkan jenis aktivitas yang dapat berlangsung didalamnya, maka suatu auditorium dibedakan jenisnya menjadi: (1) Auditorium untuk pertemuan, yaitu auditorium dengan aktivitas percakapan seperti untuk seminar, konferensi, rapat besar, dan lain-lain; (2) Auditorium untuk pertunjukan seni, yaitu



auditorium dengan aktivitas utama sajian kesenian, seperti seni musik, tari, dan lain-lain. Secara akustik, jenis auditorium ini masih dapat dibedakan lagi menjadi auditorium yang menampung aktivitas musik saja dan yang menampung musik sekaligus gerak; (3) Auditorium multifungsi, yaitu auditorium yang tidak dirancang secara khusus untuk fungsi percakapan atau musik, namun sengaja dirancang untuk berbagai keperluan tersebut, termasuk pameran produk, acara pernikahan, ulang tahun, dan lain-lain [1].

Kebanyakan auditorium mempunyai masalah pada *background noise level* melebihi kriteria kebisingan (*noise criteria*) yang disyaratkan sehingga mempengaruhi kinerja akustik auditorium [2]. Performa kualitas akustik yang baik dalam suatu auditorium dipengaruhi juga faktor-faktor subjektif dan objektif hasil desain interior bidang-bidang penutupnya (lantai, dinding pembatas, dan plafon) serta dimensi yang dipengaruhi oleh kapasitas maksimum pengguna ruang. Selain itu, pengaruh penggunaan dan perletakan bahan-bahan pelapis bersifat absorptif atau reflektif yang melingkupinya.

Arsitek perlu memahami atau menghayati karakter sumber bunyi. Pemahaman akan bunyi sangat membantu arsitek dalam menyiapkan jalan bunyi sampai dengan jelas dan baik ke telinga pendengar. Pemahaman yang tidak kalah penting ialah gelombang bunyi, hal ini dapat memudahkan arsitek membayangkan sifat-sifat bunyi dan perilakunya dalam rancangan arsitektural tertentu. Telinga manusia menjadi elemen yang mungkin paling jauh dari kendali karena arsitek tentu tidak mempunyai hak mengatur telinga orang lain. Meskipun demikian, pemahaman akan karakter telinga manusia pun akan menjadi penting bagi seorang arsitek agar dapat menghayati apa yang diinginkan oleh manusia dalam mendengar sesuatu [3].

Penelitian ini berupaya untuk memberikan informasi tambahan dan menumbuhkan kesadaran akan proses perancangan ruang yang membutuhkan kualitas akustik sesuai dengan standar yang dianjurkan. Mulai dari pemilihan jenis material, bentuk ruang dalam, sampai pada perletakan sistem pengeras suara elektrik.

2. Tujuan Penelitian

- Mengetahui nilai kriteria kebisingan (*noise criteria*) pada ruang Auditorium LT 1 Gedung Perpustakaan Kampus Gowa, Universitas Hasanuddin, baik yang berasal dari dalam maupun dari luar ruang.
- Mengetahui Reverberation Time (RT) pada Auditorium LT 1 Gedung Perpustakaan Kampus Gowa, Universitas Hasanuddin apakah telah memenuhi syarat yang dianjurkan untuk fungsi ruang pertemuan dengan aktivitas utama percakapan (*speech*).
- Mengetahui hasil distribusi suara berasal dari speaker dalam ruang Auditorium LT 1 Gedung Perpustakaan Kampus Gowa, Universitas Hasanuddin.

3. Metode Penelitian

3.1. Lokasi dan Waktu Penelitian

Lokasi penelitian terletak di ruang auditorium LT.1, tepatnya di lantai 2 Gedung Perpustakaan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin Kab. Gowa, dan berlokasi di Jalan Poros Malino, Kab. Gowa. Waktu penelitian mulai dari pengumpulan hingga pengolahan data dilaksanakan selama 3 bulan yaitu bulan Juni hingga September tahun 2018.

3.2. Sumber Data

Penataan bunyi pada bangunan mempunyai dua tujuan, yaitu untuk kesehatan dan untuk kenikmatan. Penataan bunyi akan melibatkan empat elemen yang harus dipahami oleh arsitek, yaitu: (1) sumber bunyi; (2) penerima bunyi; (3) media perambatan bunyi; dan (4) gelombang bunyi [4, 5].

Ruang auditorium aktivitas percakapan memiliki nilai rekomendasi waktu dengung (*reverberation time*) idealnya 0 sampai dengan 1 detik. Secara detail, kebutuhan waktu dengung untuk aktivitas berbeda ditampilkan pada Tabel 1.

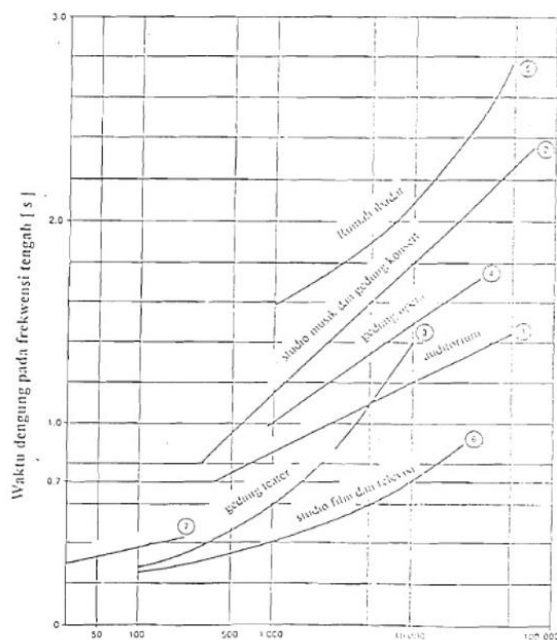
Berdasarkan SNI 03-6368-2000, desain waktu dengung yang dianjurkan mengacu kepada nilai frekuensi menengah (pada frekuensi 500 Hz atau 1000 Hz). Nilai rekomendasi waktu dengung untuk ruang auditorium percakapan berkisar antara 0,6-0,8 detik untuk ruang kapasitas sampai



dengan 250 kursi [6]. Untuk lebih detail nilai RT yang direkomendasikan dapat dilihat pada Gambar 1.

Tabel 1. Kesesuaian waktu dengung menurut fungsi ruangan

Fungsi ruangan	Volume ruang (m ³)	Waktu dengung (s)
Kantor	30	0,5
	100	0,75
Ruang konferensi	100	0,5
	1000	0,8
Studio musik	500	0,9
	5000	1,5
Gereja	500	1,5
	5000	1,8



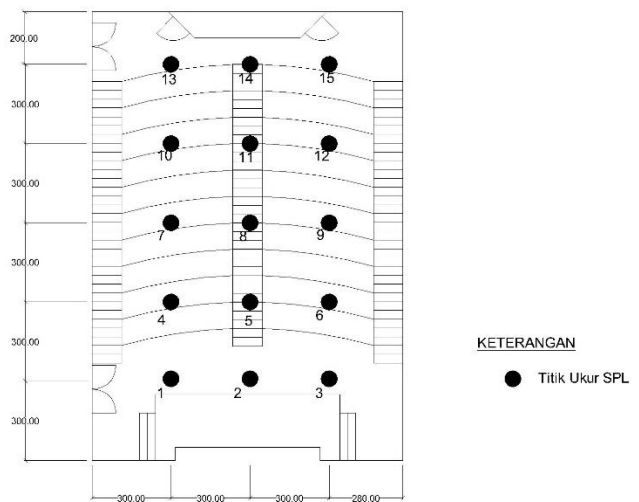
Gambar 1. Kurva waktu dengung rata-rata (SNI 03-6368-2000)

Selain data sekunder yang berupa informasi yang berasal dari berbagai literatur, dilakukan pula pengumpulan data primer yang diperoleh dari hasil pengukuran langsung di lokasi penelitian, meliputi :

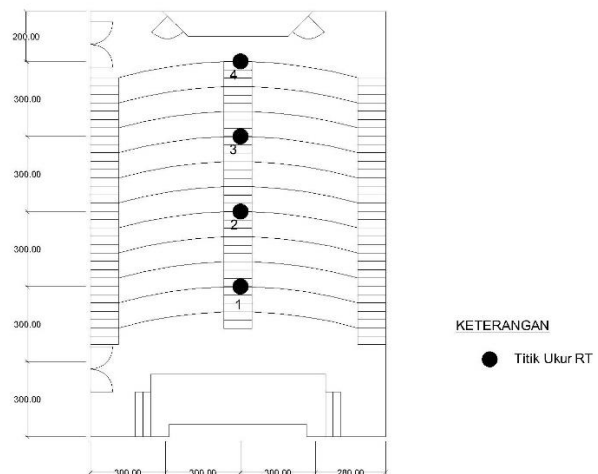
- Potensi kebisingan lingkungan.
- Perletakan elemen material mekanikal elektrik.
- Geometri ruang.
- Material lantai, dinding, plafon, dan kursi.

3.3. Rancangan Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode penelitian kuantitatif. Dalam penerapannya, penelitian dilakukan melalui beberapa tahap. Tahap pertama merupakan pendataan geometri ruangan auditorium meliputi: (1) Pengukuran dilakukan pada Ruang auditorium LT 1 Kampus Gowa, Universitas Hasanuddin yang meliputi dimensi ruang, jendela, penempatan layout perabot dengan menggunakan alat ukur berupa meteran dan mengukur ketinggian plafon dengan menggunakan alat ukur *laser distance meter*; dan (2) Mencatat dan mendokumentasikan jenis material lantai, dinding, langit-langit, pengeras suara (loudspeaker), dan penataan kursi.



Gambar 2. Letak titik pengukuran SPL dalam auditorium



Gambar 3. Letak titik pengukuran RT dalam auditorium

Tahap kedua, merupakan pengukuran terhadap tingkat tekanan bunyi (*sound pressure level: SPL*) untuk menentukan kriteria kebisingan (*noise criteria: NC*) dilakukan dengan dua kondisi yaitu: (1) kondisi mekanikal elektrik dimatikan; dan (2) kondisi mekanikal elektrik dihidupkan. Pengukuran dilakukan berdasarkan titik ukur yang telah ditentukan sebelumnya oleh peneliti dan menggunakan alat sound level meter (SLM) jenis KW0600290.

Tahap ketiga, merupakan pengukuran terhadap waktu dengung (*reverberation time: RT*) dilakukan pada kondisi dimana seluruh peralatan mekanikal elektrik dimatikan agar suara respon letusan balon lebih fokus pada saat perekaman. Pengukuran RT ini juga dilakukan berdasarkan titik ukur yang telah ditentukan oleh peneliti dengan menggunakan peralatan sebagai berikut: (1) konektor *microphone* ke *usb*; (2) komputer dan *software* pengolahan audio (*Audacity*); dan (3) balon dan *cutter*.

Setelah pengukuran dilaksanakan, selanjutnya yang dilakukan adalah pengolahan data dengan *software* pengolahan audio (*Audacity*) dan simulasi (*ecotect*) berdasarkan data-data hasil pengumpulan data primer yang telah dilakukan. Program *Audacity* digunakan untuk mendapatkan hasil pengukuran nilai RT, sementara simulasi *ecotect* dengan metode *linked acoustic rays* untuk menganalisa distribusi suara yang bersumber dari penguas suara (*speaker*), dan simulasi *ecotect* metode *rays and particles* untuk mengidentifikasi perilaku sumber bunyi dari *speaker* yang mengenai bidang elemen interior auditorium.

Adapun variabel penelitian dapat dilihat pada Tabel 2.

4. Metode Analisis Data

Analisis data yang digunakan adalah menganalisis sejumlah data yang didapatkan di lapangan selanjutnya disesuaikan dengan rekomendasi dan kemudian dibuat kesimpulan serta saran sehingga mudah dipahami.

- Untuk menentukan kriteria kebisingan (*noise criteria: NC*), dilakukan pengukuran tingkat tekanan bunyi (*sound pressure level: SPL*) sesuai titik ukur yang selanjutnya di distribusikan kedalam tabel sehingga mudah untuk diidentifikasi. Setelah menganalisa data, hasilnya disesuaikan dengan rekomendasi nilai NC oleh Egan [7] untuk ruang auditorium percakapan.
- Untuk dapat mengetahui nilai waktu dengung (*reverberation time: RT*), dilakukan pengukuran di lapangan sesuai titik ukur dan dianalisa dengan *software* pengolahan audio (*Audacity*), setelah nilai RT didapatkan kemudian dilakukan simulasi statistical RT pada *ecotect* untuk memverifikasi hasil pengukuran RT. Setelah hasil pengukuran dan simulasi dilakukan, maka selanjutnya hasil tersebut disesuaikan dengan rekomendasi nilai RT oleh McMullan dan SNI 03-6368-2000 untuk ruang auditorium percakapan.
- Untuk memperoleh distribusi suara maupun hasil pantulan dari sumber suara (*speaker*), dilakukan simulasi *linked acoustic rays* dan simulasi *rays and particles* pada *ecotect*.

Tabel 2. Variabel penelitian

Variabel Bebas	Sub Variabel Bebas	Variabel Terikat	Teknik Pengukuran
Lingkungan	Penempatan ruang, potensi kebisingan	<i>Background noise</i>	Pengukuran Tingkat Tekanan Bunyi
Layout Ruang	Bentuk denah, volume ruang	Refleksi bunyi, gema, dengung, pemusatan dan bayangan bunyi	Simulasi akustik
Geometri Ruang	Luas bidang lantai dinding & plafon, bentuk bidang lantai dinding & plafon	Absorpsi bunyi, Difusi bunyi, Difraksi bunyi Gema, waktu dengung (RT)	Simulasi akustik
Material	Jenis material lantai dinding & plafon	Refleksi bunyi, Absorpsi bunyi, Difusi bunyi, Gema, Waktu Dengung (RT)	Simulasi Akustik



Setelah hasil simulasi didapatkan, selanjutnya divisualisasikan dalam bentuk tampak atas, tampak samping, dan 3 dimensi.

5. Hasil Penelitian dan Pembahasan

5.1. Identifikasi Ruang

Auditorium LT.1 memiliki luas ruang sebesar 197,85 m², dengan panjang 17 meter dan lebar 11,8 meter. Sementara untuk volume ruang sebesar 955,53 m³ dengan kapasitas ruangan ± 160 orang. Identifikasi penggunaan material lebih rinci dijelaskan pada Tabel 3.

Tabel 3. Identifikasi material auditorium LT.1

Uraian	Bahan Material	Jumlah/ Luas Permukaan	Koefisien (500Hz)
Lantai	Kayu parket	263,861 m ²	0,07
Dinding	Bata dipleser	77,601 m ²	0,02
	Panel akustik	207,087 m ²	0,63
Plafon	Gypsumboard	215,4 m ²	0,05
Kursi	Kain perpori	155 buah	0,56

Jumlah speaker auditorium sebanyak 6 buah yang terletak 3 buah di sisi kanan dan 3 buah di sisi kiri auditorium. Sementara untuk jumlah mesin indor *air conditioner* (AC) sebanyak 8 buah dengan model *Ceiling Mounted Cassette Round Flow/ 4 way* (melekat pada plafon dan memiliki 4 arah udara).

Untuk potensi kebisingan dirasa tidak signifikan mempengaruhi auditorium karena jarak antar gedung dan jalan raya sangat jauh, dengan jarak 102 meter dari jalan poros malino dan 15,8 meter dari jalan utama kampus yang memiliki frekuensi lalu lintas yang rendah. Sementara untuk keadaan ruang disekitar auditorium LT.1 hanya berseberangan dengan ruang perpustakaan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.

5.2. Background Noise Auditorium

Pengukuran dilakukan dengan dua kondisi seperti pada penjelasan pada tahapan penelitian. Pengukuran dilakukan 1 menit per titik pada setiap kondisi. Hasil pengukuran didistribusikan

kedalam bentuk tabel, dan selanjutnya dianalisa untuk mendapatkan Noise Criteria (NC).

5.2.1 Kondisi Mekanikal Elektrikal Dimatikan

Pada pengukuran kondisi ini dilakukan pada siang hari dimana keadaan auditorium tidak ada kegiatan dan mekanikal elektrikal (AC & Lampu) tidak dihidupkan. Pengukuran ini terdapat 15 titik ukur yang memiliki jarak berbeda-beda. Letak titik ukur difokuskan pada area kursi audiens auditorium. Adapun hasil pengukuran sebagai berikut:

Tabel 4. Hasil pengukuran kondisi mekanikal elektrikal dimatikan

Titik Ukur	Tingkat Tekanan Bunyi/ <i>Sound Pressure Level (SPL)</i>		
	Terendah (dB)	Tertinggi (dB)	Rata-rata (dB)
1	38,7	46,8	43,2
2	39,1	60,1	45,3
3	38,7	58,2	44,6
4	37,6	47,8	41,3
5	39,7	53,8	45,1
6	39,3	54,3	46,2
7	39,7	52,3	46,6
8	39,7	53,4	45,7
9	38,4	55,6	43,5
10	38,2	58,9	44,1
11	39,7	56,4	46,3
12	38,6	52,3	45,7
13	37,8	53,4	43,6
14	37,8	55,6	42,4
15	37,6	58,4	42,7

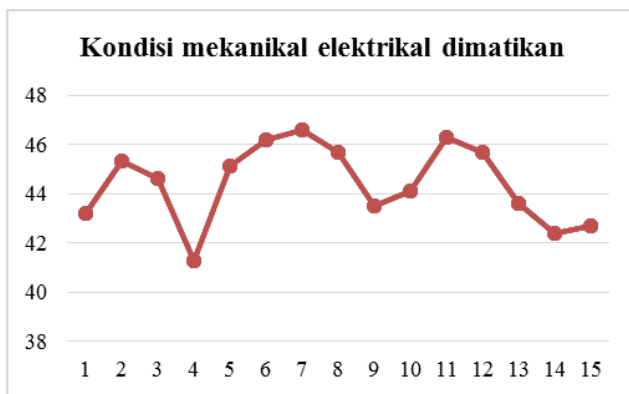
5.2.2 Kondisi Mekanikal Elektrikal Dihidupkan

Pada kondisi ini dilakukan pada waktu siang hari dimana keadaan auditorium tidak ada kegiatan dan mekanikal elektrikal (AC & lampu) dihidupkan. Pengukuran ini terdapat 15 titik ukur yang memiliki jarak berbeda-beda. Letak titik ukur difokuskan pada area kursi audiens auditorium. Adapun hasil pengukuran sebagai berikut:

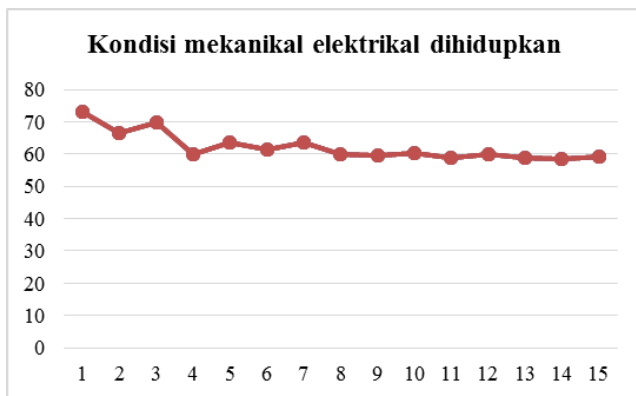


Tabel 5. Hasil pengukuran kondisi mekanikal elektrikal dihidupkan

Titik Ukur	Tingkat Tekanan Bunyi/ <i>Sound Pressure Level (SPL)</i>		
	Terendah (dB)	Tertinggi (dB)	Rata-rata (dB)
1	72,3	73,6	73,1
2	64,8	67,3	66,5
3	67,7	70,4	69,8
4	57,4	61,2	59,8
5	61,2	64,7	63,4
6	58,7	62,2	61,3
7	59,6	64,1	63,7
8	57,3	60,4	59,8
9	55,8	61,2	59,6
10	55,4	62,2	60,4
11	57,3	62,5	58,9
12	58,7	61,8	60,1
13	57,6	60,2	58,8
14	57,4	59,8	58,6
15	57,8	62,2	59,2



Gambar 4. Grafik SPL kondisi mekanikal elektrikal dimatikan



Gambar 5. Grafik SPL kondisi mekanikal elektrikal dihidupkan

5.2.3 Analisa Hasil Pengukuran *Background Noise*

Dari hasil pengukuran tingkat tekanan bunyi (*sound pressure level: SPL*) pada Auditorium LT.1 Kampus Gowa dapat analisa sebagai berikut:

- Pada kondisi mekanikal elektrikal dimatikan tingkat tekanan bunyi yang tertinggi ada pada titik ukur 7 (46,6 dB) sedangkan yang terendah pada titik ukur 4 (41,3 dB). Pada kondisi mekanikal elektrikal dihidupkan tingkat tekanan bunyi yang tertinggi ada pada titik ukur 1 (73,1 dB) sedangkan yang terendah ada pada titik ukur 14 (58,6 dB).
- Sumber kebisingan utama yang menyebabkan peningkatan tingkat tekanan bunyi di dalam auditorium adalah mesin indoor *Air Conditioner (AC)* khususnya pada titik ukur 1, 2 dan 3. Sedangkan kebisingan dari luar (lalu lintas) tidak memberikan dampak dikarenakan jarak gedung auditorium LT.1 dengan jalan raya (jalan poros malino-makassar) memiliki jarak yang sangat jauh yaitu ± 100 meter dari badan jalan raya.
- Kriteria kebisingan (*noise criteria: NC*) pada kondisi mekanikal elektrikal dimatikan berada pada nilai NC-35 dengan nilai tingkat tekanan bunyi 41,4 dB – 46,6 dB, sedangkan pada kondisi mekanikal elektrikal dihidupkan berada pada nilai NC-55 dengan nilai tingkat tekanan bunyi 58,6 dB – 73,1 dB.

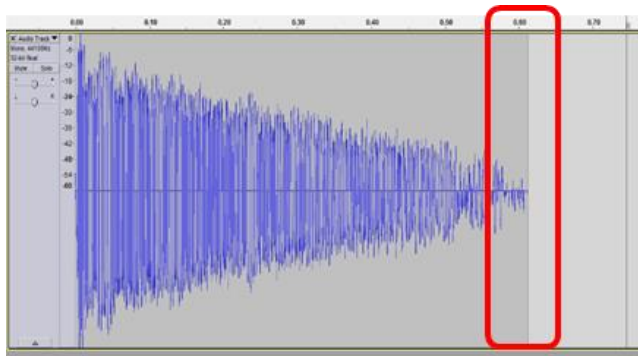
5.3. Hasil Pengukuran RT60

Pengukuran *Reverberation Time (RT60)* pada Auditorium LT.1 dilakukan pada 4 titik ukur yang dimana pada masing-masing titik keadaan mekanikal elektrikal dimatikan (AC dan lampu) agar suara respon letusan balon lebih fokus saat perekaman.

5.3.1 Titik Ukur 1

Pada titik ukur 1 nilai RT60 yang didapatkan sebesar 0,60 detik untuk bunyi benar-benar hilang atas respon letusan balon.

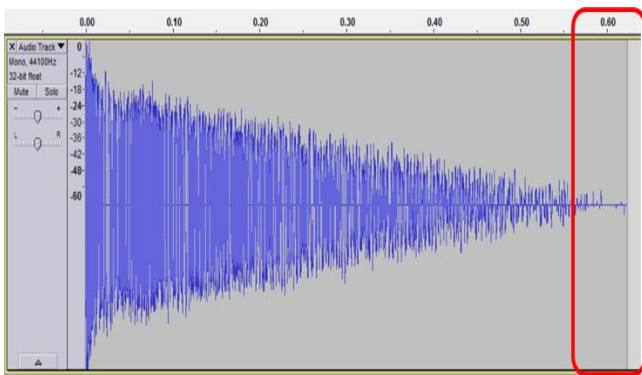




Gambar 6. Hasil rekam RT60 titik ukur 1

5.3.2 Titik Ukur 2

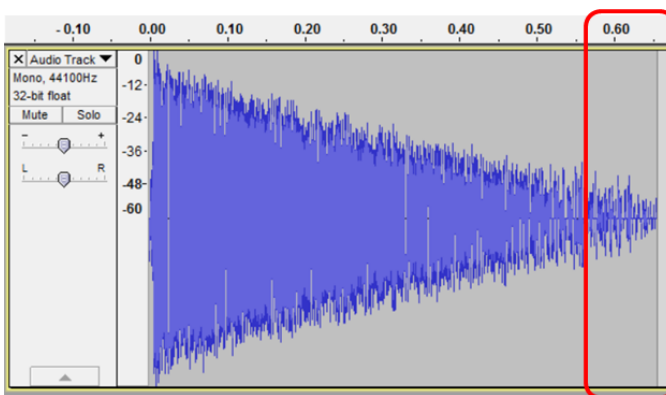
Pada titik ukur 2 nilai RT60 yang didapatkan sebesar 0,60 detik untuk bunyi benar-benar hilang atas repon letusan balon.



Gambar 7. Hasil rekam RT60 titik ukur 2

5.3.3 Titik Ukur 3

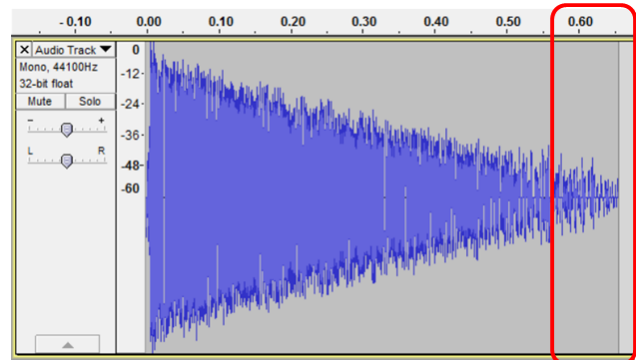
Pada titik ukur 3 nilai RT60 yang didapatkan sebesar 0,65 detik untuk bunyi benar-benar hilang atas repon letusan balon.



Gambar 8. Hasil rekam RT60 titik ukur 3

5.3.4 Titik Ukur 4

Pada titik ukur 4 nilai RT60 yang didapatkan sebesar 0,70 detik untuk bunyi benar-benar hilang atas repon letusan balon.



Gambar 9. Hasil rekam RT60 titik ukur 4

5.3.5 Analisa Hasil Pengukuran RT60

Dari hasil pengukuran RT menggunakan respon letusan balon pada ruang auditorium LT.1 Kampus Gowa dapat dianalisa sebagai berikut:

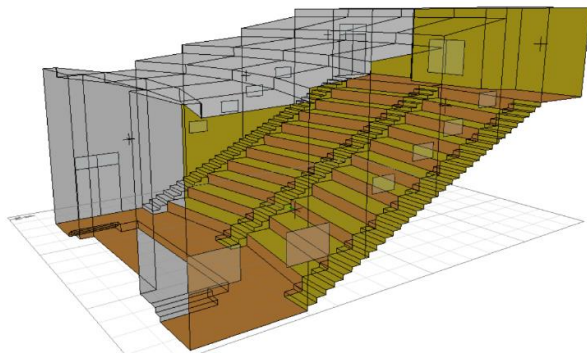
- Hasil pengukuran RT60 Auditorium LT.1 yang dilakukan dengan respon balon berkisar antara 0,6 – 0,7 detik.
- Nilai pengukuran RT60 ini menunjukkan bahwa hampir seluruh elemen material dinding (panel akustik amstrong) Auditorium LT.1 Kampus Gowa memiliki sifat absorben (material penyerap) tinggi. Hanya dinding pada belakang panggung yang menggunakan material pemantul (dinding bata finishing plester dan cat). Sementara material lantai (parket) dan plafon (*gypsumboard*) tergolong material pemantul dengan koefisien serap rendah.
- Hasil pengukuran RT60 pada auditorium LT.1 menunjukkan nilai yang belum dapat memenuhi rekomendasi McMullan dan SNI 03-6368-2000 (0,8 detik).

5.4. Hasil Simulasi *Statistical RT*

Simulasi perhitungan RT menggunakan software Autodesk Ecotect Analysis 2011. Auditorium LT.1 dibuat dalam bentuk 3D sesuai kondisi dimensi dan jenis material dilapangan mulai dari lantai, dinding, plafon dan elemen material interior lainnya. Ruang Auditorium LT.1



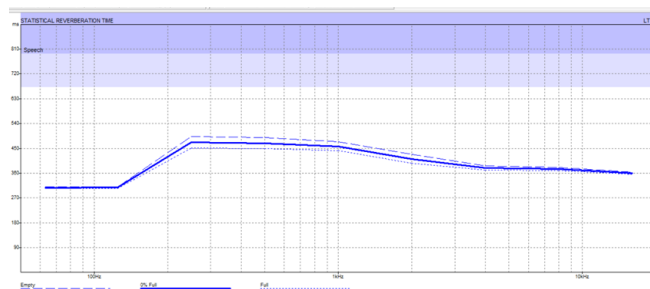
memiliki volume 955,53 m³ dan luas permukaan seluruh material 2018,65 m².



Gambar 10. Visualisasi 3 dimensi auditorium LT.1

5.4.1 RT Metode Sabine

Pada simulasi dengan metode *sabine* nilai RT terendah ada pada frekuensi 63 Hz dalam keadaan ruang auditorium full 100% dengan nilai 0,30 detik. Sementara nilai RT yang tertinggi ada pada frekuensi 250 dan 500 Hz dalam keadaan ruang auditorium empty (kosong) dengan nilai 0,49 detik.



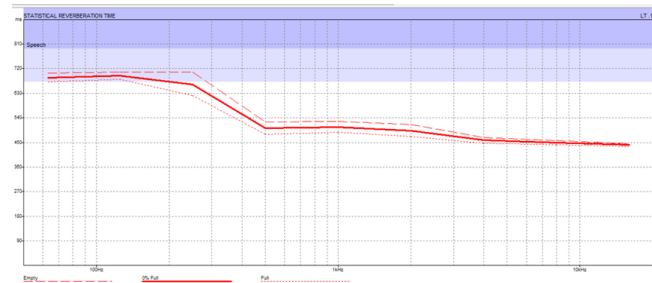
Gambar 11. Grafik simulasi RT Auditorium LT.1 metode *sabine*

5.4.2 RT Metode Norris-Eyring

Pada simulasi dengan metode Norris-Eyring nilai RT terendah ada pada frekuensi 4000 Hz dalam keadaan ruang auditorium full 100% dengan nilai 0,45 detik. Sementara nilai RT yang tertinggi ada pada frekuensi 125 dan 250 Hz dalam keadaan ruang auditorium empty (kosong) dengan nilai 0,71 detik.

Tabel 6. Hasil simulasi *ecotect* nilai RT metode *sabine*

Frekuensi	Total Absorption	Empty RT (60)	50% RT(60)	Full RT (60)
63 Hz	480.104	0.31	0.31	0.30
125 Hz	477.137	0.31	0.31	0.31
250 Hz	281.174	0.49	0.47	0.45
500 Hz	272.585	0.49	0.47	0.45
1000 Hz	278.001	0.47	0.46	0.44
2000 Hz	308.453	0.43	0.41	0.40
4000 Hz	339.204	0.39	0.38	0.37



Gambar 12. Grafik simulasi RT Auditorium LT.1 metode *Norris-Eyring*

Tabel 7. Hasil simulasi *ecotect* nilai RT metode *Norris-Eyring*

Frekuensi	Total Absorption	Empty RT (60)	50% RT(60)	Full RT (60)
63 Hz	480.104	0.70	0.69	0.67
125 Hz	477.137	0.71	0.69	0.68
250 Hz	281.174	0.71	0.66	0.62
500 Hz	272.585	0.52	0.50	0.48
1000 Hz	278.001	0.53	0.51	0.49
2000 Hz	308.453	0.52	0.49	0.47
4000 Hz	339.204	0.47	0.46	0.45

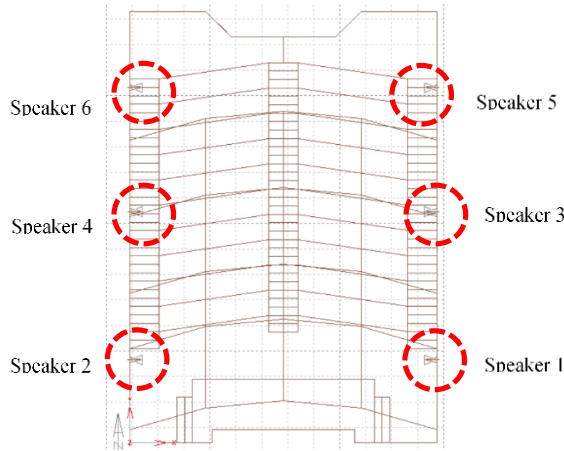
5.4.3 Analisa Hasil Simulasi RT *Ecotect*

Dari hasil simulasi RT pada *ecotect* menunjukkan angka yang belum memenuhi rekomendasi (angka dibawah nilai rekomendasi McMullan & SNI 03-6368-2000) sebuah auditorium dengan aktivitas utama speech (percakapan), yaitu pada semua metode perhitungan *Sabine* dan *Norris-eyring*, baik pada kondisi *empty* (kosong) maupun kondisi ruangan *full* (penuh). Hal ini menunjukkan bahwa penggunaan material pada auditorium LT.1 memiliki sifat penyerapan yang terlalu tinggi menyebabkan ruangan terkesan mati (waktu dengung terlalu pendek).

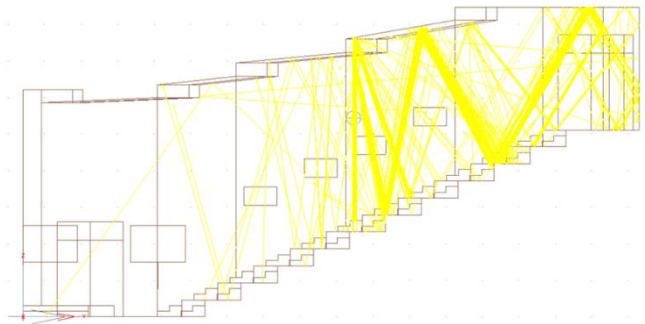


5.5. Hasil dan Analisa Simulasi *Linked Acoustic Rays Ecotect*

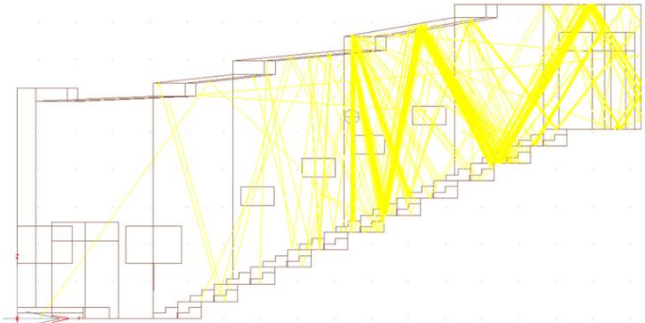
Simulasi *Linked Acoustic Rays* di *ecotect* dilakukan pada masing-masing *speaker* pada Auditorium LT.1, hal ini dilakukan agar dapat menganalisa perjalanan suara pada tiap *speaker*.



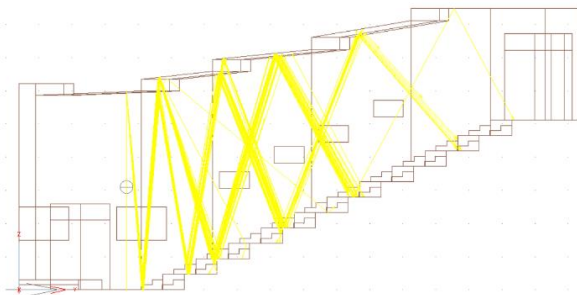
Gambar 13. Perletakan *speaker* auditorium LT.1



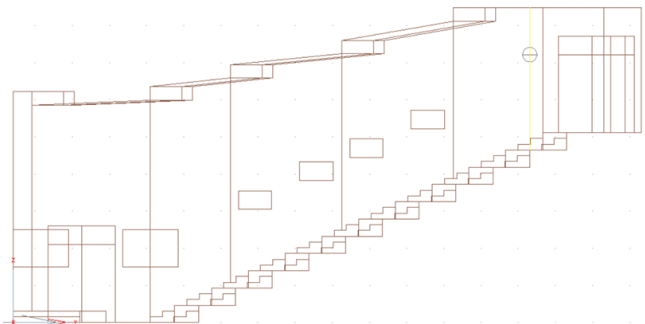
Gambar 16. Simulasi *linked acoustic rays speaker 3*



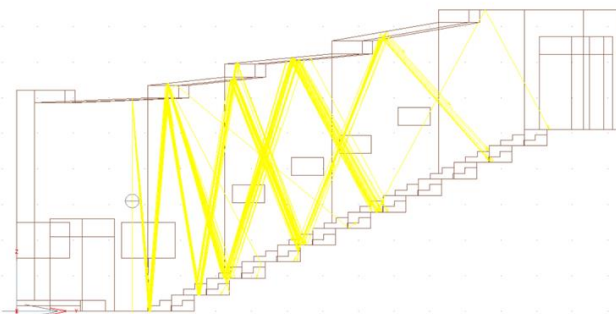
Gambar 17. Simulasi *linked acoustic rays speaker 4*



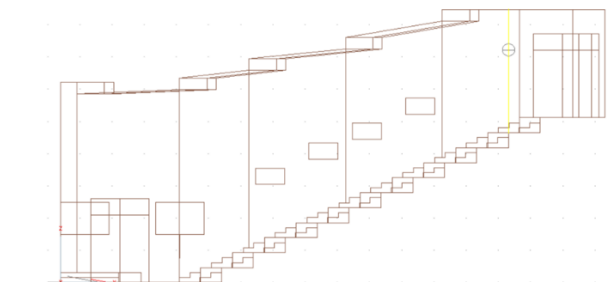
Gambar 14. Simulasi *linked acoustic rays speaker 1*



Gambar 18. Simulasi *linked acoustic rays speaker 5*



Gambar 15. Simulasi *linked acoustic rays speaker 2*



Gambar 19. Simulasi *linked acoustic rays speaker 6*

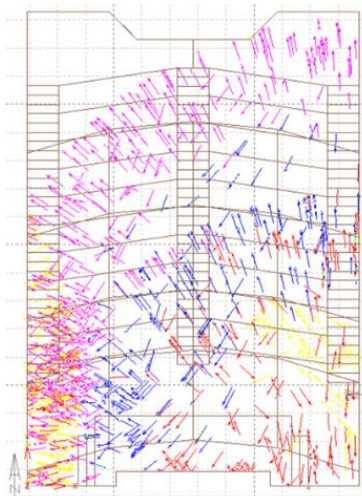
Berdasarkan hasil simulasi *linked acoustic rays ecotect* pada *speaker* 1 sampai dengan *speaker* 6 dapat dilihat bahwa pemusatan bunyi dirasa cukup memadai 100% seluruh area audiens. Bentuk elemen desain interior dan perletakan *speaker* Auditorium LT.1 sudah dirasa cukup baik dalam hal pemusatan bunyi dalam ruang.

5.6. Hasil dan Analisa Simulasi *Rays and Particles Ecotect*

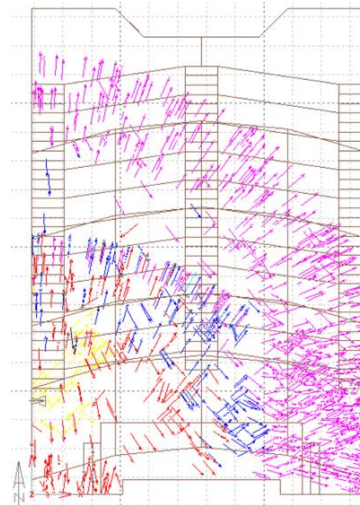
Sama halnya dengan simulasi *linked acoustic rays*, simulasi *rays and particles* pada *ecotect* dilakukan pada masing-masing *speaker* di Auditorium LT.1 untuk dapat menganalisa perilaku bunyi tiap *speaker*.

LEVEL	KETERANGAN	
Green	Direct	penyebaran suara dari speaker yang langsung dapat diterima oleh telinga pendengar
Yellow	Useful	penyebaran suara yang efektif oleh speaker dan dapat didengar oleh manusia
Orange	Border	penyebaran suara oleh speaker pada sekeliling ruangan
Red	Echo	penyebaran suara oleh speaker yang dipantulkan oleh elemen-elemen interior dalam ruangan dapat menimbulkan echo (gema)
Cyan	Reverberation	penyebaran suara yang dipantulkan oleh elemen-elemen interior dalam ruangan dapat menimbulkan dengung
Blue	Masked	penyebaran suara dari speaker yang terserap oleh elemen-elemen interior yang ada di dalam ruangan

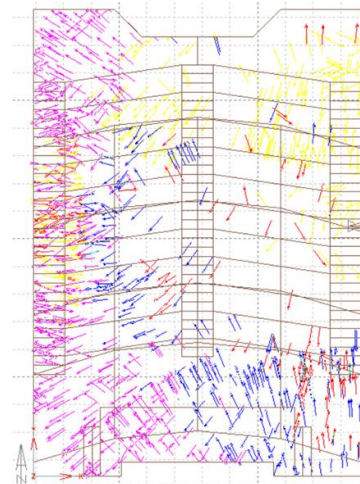
Gambar 20. Keterangan perbedaan warna dalam pancaran jangkauan speaker



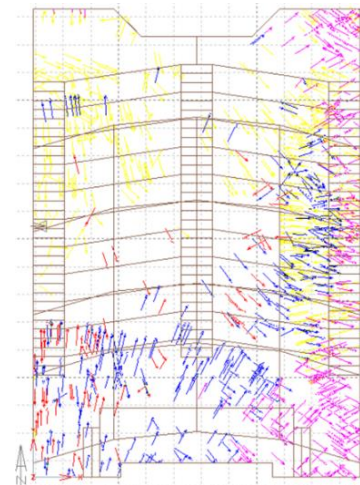
Gambar 21. Simulasi *rays and particles speaker* 1



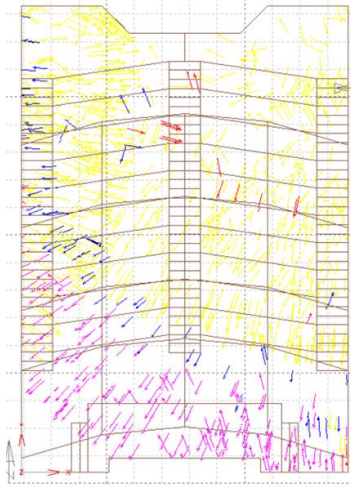
Gambar 22. Simulasi *rays and particles speaker* 2



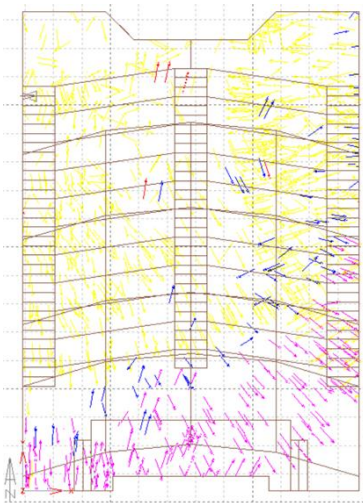
Gambar 23. Simulasi *rays and particles speaker* 3



Gambar 24. Simulasi *rays and particles speaker* 4



Gambar 25. Simulasi *rays and particles speaker 5*



Gambar 26. Simulasi *rays and particles speaker 6*

Dari hasil simulasi *rays and particles* Auditorium LT.1 menunjukkan bahwa mulai dari *speaker 1* sampai dengan *speaker 4* terjadi beberapa bunyi *echo* (gema) sebesar 20 – 30%. Sumber *echo* tersebut didapatkan setelah bunyi terpantul dari dinding belakang panggung yaitu dinding material bata. Pada *speaker 5* *echo* hanya terjadi sebesar 10% yang bersumber dari pantulan bunyi dari lantai material kayu parket, sementara *speaker 6* hampir tidak terjadi *echo*.

6. Kesimpulan dan Saran

Auditorium LT. 1 Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin Kampus Gowa merupakan objek studi yang mewadahi kegiatan seminar maupun konferensi pada lingkup kampus dengan kegiatan

utama nya untuk *speech* (percakapan). Berdasarkan hasil pengukuran dan simulasi yang dilakukan dapat disimpulkan pada kondisi mekanikal dan elektrikal dimatikan menunjukkan nilai *Noise Criteria* (NC) pada ruang Auditorium LT. 1 berada pada nilai NC 30 – 35 dengan tingkat kebisingan 41 – 46 dB. Sementara pada kondisi mekanikal elektrikal dihidupkan berada pada nilai NC 45 – 65 dengan tingkat kebisingan 58 – 73 dB.

Sumber kebisingan utama dalam ruang berasal dari mesin indor *Air Conditioner* (AC) yang berjumlah 8 (delapan) unit. Nilai *Noise Criteria* (NC) ini menunjukkan kondisi bising dan sangat bising yang sangat tidak dianjurkan untuk ruang fungsi auditorium percakapan, sementara nilai rekomendasi untuk auditorium percakapan yaitu NC 20 – 30 dengan tingkat kebisingan 30 – 40 dB. Untuk pengukuran waktu dengung (RT) dengan respon letusan balon dan diolah menggunakan *software audacity* yaitu berada di nilai 0,6 – 0,7 detik. Sementara pada hasil simulasi perhitungan RT pada *software ecotect* berada pada nilai 0,45 – 0,52 detik. Nilai ini dirasa belum cukup maksimal untuk standar rekomendasi nilai RT oleh McMullan dan SNI 03-6368-2000 dimana untuk auditorium percakapan dengan luas 1000 m³ berada pada nilai rekomendasi *Reverberation Time* (RT) 0,8 detik.

Sementara hasil simulasi *linked acoustic rays ecotect* pada Auditorium LT.1 menunjukkan penyebaran suara pada tiap *speaker* menyebar merata ke area audiens auditorium. Sementara untuk hasil simulasi *rays and particles ecotect* pada Auditorium LT.1 menunjukkan beberapa sumber suara dari *speaker* memiliki *echo* (gema) yang bersumber dari hasil pantulan dinding bata dan lantai kayu parket.

Berdasarkan kesimpulan tersebut, diberikan beberapa saran yakni perlunya dilakukan *noise treatment* (perlakuan peredaman kebisingan) untuk meredam kebisingan yang berasal dari mesin indor *Air Condotioner* (AC), hal ini dikarenakan penggunaan penghawaan buatan (AC) yang selalu dihidupkan pada saat Auditorium LT.1 digunakan, serta melakukan perubahan 10 – 20% beberapa material terutama material dinding ataupun lantai yang memiliki sifat memantul agar meningkatkan



nilai RT Auditorium yang memiliki nilai dibawah rekomendasi, dan melakukan pergantian material dinding bata pada belakang panggung dengan material yang sama pada dinding sisi lainnya atau dengan kata lain membuat keseragaman material dinding. Hal ini dilakukan karena sumber *echo* (gema) yang utama ada pada pantulan bunyi dari dinding belakang panggung (dinding bata).

Referensi

- [1] Mediastika, C.E. (2005). *Akustika Bangunan: Prinsip-Prinsip dan Penerapannya di Indonesia*. Erlangga. Jakarta.
- [2] Legoh, F. (1993). *Acoustic Design and Scale Model Testing at A Multi Purpose Auditorium*. UK: *The University of Salford*.
- [3] Mediastika, C.E. (2009). *Material Akustik: Pengendalian Kualitas Bunyi pada Bangunan*. Erlangga. Jakarta.
- [4] Prasasto Satwiko. (2004). *Fisika Bangunan 1 Edisi 1*. Penerbit Andi Yogyakarta. Yogyakarta.
- [5] Prasasto Satwiko. (2004). *Fisika Bangunan 2 Edisi 1*. Penerbit Andi Yogyakarta. Yogyakarta.
- [6] SNI 03-6368-2000. (2000). *Spesifikasi Tingkat bunyi dan waktu dengung dalarn bangunan gedung dan perurnahan (Kriteria desain yang direkomendasikan)*. Badan Standarisasi Nasional. Bandung.
- [7] Egan, M. David. (1972). *Architectural Acoustics*. New York: *McGraw-Hill Company, Inc.*



Kajian Stabilitas Wahana Angkut ALPO sebagai Fungsi Kapasitas Tangki Ballast

Arifin^{1*}, Wibowo Harso Nugroho.¹, Sahlan¹

¹Pusat Teknologi Rekayasa Industri Maritim (PTRIM) - BPPT

Jl. Hidrodinamika, Kampus ITS Sukolilo - Surabaya

*Email: arifinsah03@gmail.com

DOI: 10.25042/jpe.112018.08

Abstrak

Data SKK migas menjelaskan bahwa terdapat sekitar 449 anjungan lepas pantai yang umurnya lebih dari 30 tahun, dan bahkan sudah tidak berproduksi lagi. Dalam kaitannya dengan keselamatan pelayaran dan berdasarkan regulasi IMO, anjungan lepas pantai tersebut perlu untuk segera dibongkar atau dipindahkan. Dalam rangka untuk mendukung kegiatan pembongkaran dan pemindahan anjungan lepas pantai pasca operasi (ALPO), diperlukan suatu perencanaan dan analisis wahana agar dapat dipergunakan untuk melakukan tujuan tersebut secara efektif dan aman. Suatu kajian dengan metode pendekatan numerik dilakukan terhadap perencanaan wahana angkut ALPO yang berupa analisis stabilitas intact kapal pada berbagai kondisi operasional kapal terutama saat departure, loading dan arrival dengan mengacu pada kriteria stabilitas yang diberikan oleh DNV atau IMO. Khusus untuk kondisi loading, kajian dilakukan dengan memvariasikan pengisian tangki ballast dalam bentuk prosentase kapasitas tangki ballast. Dari kajian ini dapat diketahui bahwa wahana angkut ALPO yang direncanakan dapat memenuhi kriteria stabilitas intact, terutama untuk kondisi saat departure dan arrival. Sedangkan untuk kondisi saat loading, kriteria stabilitas dapat dipenuhi pada kondisi pengisian 40% kapasitas tangki ballast kapal.

Abstract

Stability Study of ALPO Transport Vehicle as a Function of Ballast Tank Capacity. SKK Migas data explains that there are around 449 offshore platforms that are more than 30 years old, and even no longer produce. In relation to shipping safety and based on IMO regulations, the offshore platform needs to be immediately dismantled or moved. In order to support the demolition and removal of postoperative offshore platforms (ALPO), a vehicle planning and analysis is needed so that it can be used to carry out these objectives effectively and safely. A study with a numerical approach is carried out on the planning of ALPO transport vehicles in the form of intact stability analysis of ships in various ship operational conditions, especially during departure, loading and arrival with reference to the stability criteria given by DNV or IMO. Especially for loading conditions, the study is carried out by varying the ballast tank filling in the form of a percentage of ballast tank capacity. From this study it can be seen that the planned ALPO transport vehicle can meet the intact stability criteria, especially for conditions at departure and arrival. Whereas for loading conditions, the stability criteria can be met under conditions of filling 40% of the capacity of the ship ballast tank.

Kata Kunci: ALPO, kapasitas ballast, keselamatan, numerik, stabilitas

1. Pendahuluan

Indonesia sebagai negara penghasil minyak dan gas, menurut data SKK – Migas 2014 pada umumnya menggunakan Jacket platform untuk eksplorasi dan eksploitasi minyak dan gas bumi. Struktur ini umumnya terpasang di laut lepas (*offshore*). Anjungan lepas pantai ini terdistribusi sekitar 65% di perairan P. Jawa, 25% di daerah Kalimantan Timur dan sisanya berada di Selat Malaka, Natuna dan Jatim. Bentuk strukturnya berkisar 40% berkaki empat, 34% berkaki tiga dan sisanya adalah monopod. Dari jumlah sekitar

449 anjungan lepas pantai ada sekitar 38% umurnya sudah lebih dari 30 tahun, padahal umur dari dari konstruksi anjungan lepas pantai umumnya berkisar antara 20 s/d 40 tahun. Dari sumber data yang sama diketahui juga bahwa sebagian besar anjungan lepas pantai tersebut juga sudah semakin menurun produksinya sehingga sudah tidak menguntungkan lagi (ditinjau dari segi ekonomi) dan sebagian anjungan sudah habis masa operasionalnya.

Dalam kaitannya dengan keselamatan pelayaran, suatu anjungan yang sudah tidak



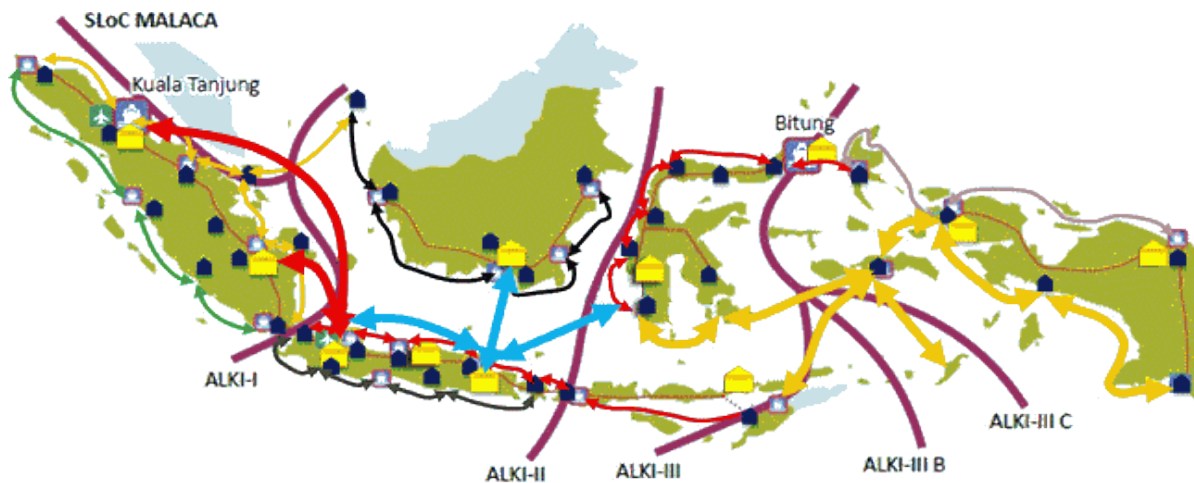
beroperasi dan diinstall di kedalaman laut kurang dari 100 m, dan berat anjungan (tipe jacket) kurang dari 4000 ton, maka anjungan tersebut harus dibongkar dan dipindahkan seluruhnya [1].

Berdasarkan data sebaran lokasi eksplorasi migas di Indonesia Tahun yang dikeluarkan oleh

PwC Indonesia (lihat Gambar 1), diketahui bahwa sebagian besar lokasi anjungan tipe terpancang terletak dekat dengan alur lalu lintas pelayaran, Gambar 2. Hal ini sudah barang tentu akan mempunyai potensi resiko yang cukup besar terhadap terjadinya kecelakaan kapal.



Gambar 1. Peta infrastruktur migas di indonesia



Gambar 2. Alur lalu lintas kepulauan indonesia

Alur Laut Kepulauan Indonesia (ALKI) merupakan konsensus yang ditetapkan pada Peraturan Pemerintah no 37 tahun 2002, dengan membagi wilayah Indonesia untuk dilewati oleh 3 jalur ALKI dengan adanya keputusan IMO pada sidang Marine Safety Comitte ke-69.

ALKI terbentuk setelah United Nations Convention on the Law of the Sea (UNCLOS)

tahun 1982 (yang diratifikasi dengan UU No. 17 Tahun 1985) dan dinyatakan sebagai hukum positif internasional sejak 16 November 1994, telah mengakui hak Indonesia sebagai Archipelagic State [2].

Pasca penetapan Status Indonesia sebagai Negara kepulauan, kewajiban pemerintah Indonesia terhadap status tersebut telah diatur

dalam Pasal 46-53 UNCLOS 1982. Indonesia dapat menentukan alur laut untuk lalu lintas kapal dan pesawat udara bagi negara asing yang akan melewati secara terus menerus dan langsung, serta secepat mungkin melalui atau di atas perairan kepulauannya dan teritorial yang berdampingan dengannya [3].

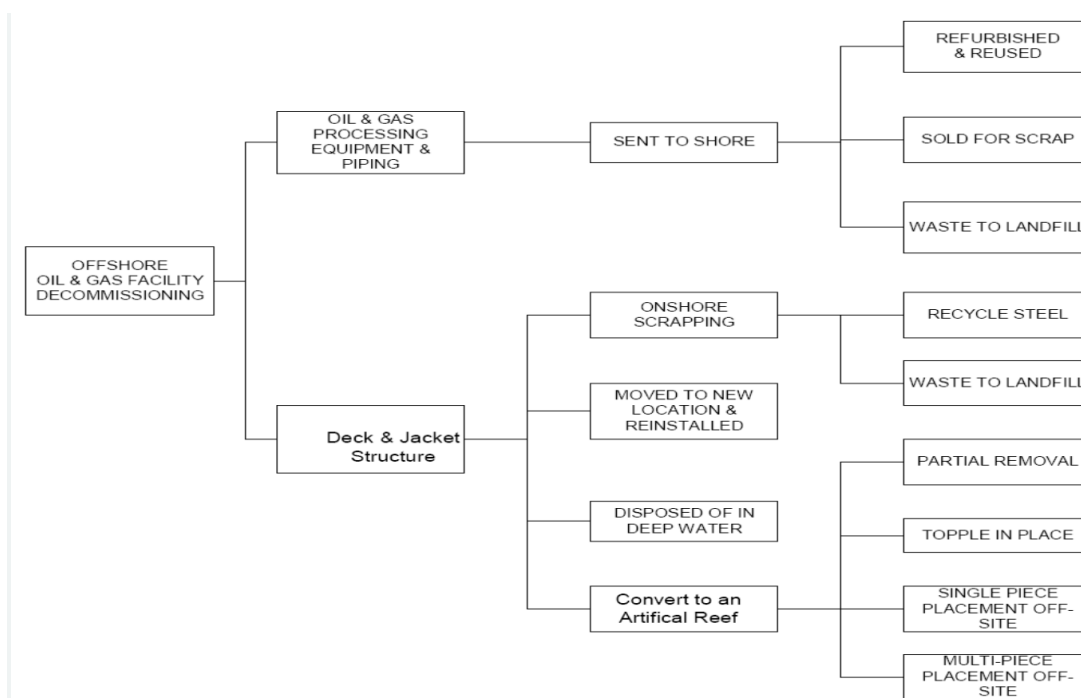
Sampai saat ini Indonesia telah membuka dan menetapkan jalur ALKI yang terdiri atas ALKI-I Selat Sunda yang di bagian utara bercabang menuju Singapura (A1) dan menuju Laut China Selatan. ALKI II Selat Lombok menuju Laut Sulawesi. Sedangkan ALKI III yang di bagian selatan bercabang tiga menjadi ALKI III A (sekitar perairan Laut Sawu, Kupang), ALKI III B, ALKI III C (sebelah timur Timor Leste), dan ALKI III D (sekitar perairan Aru).

Berdasarkan data tersebut di atas, dimana jumlah anjungan lepas pantai yang sudah tidak

beroperasi semakin banyak dan semakin ramainya lalu lintas pelayaran di jalur ALKI terutama ALKI-I, serta mengacu pada Peraturan Pemerintah No. 10 Tahun 2010 tentang kenavigasian dan berdasarkan konsekuensi keanggotaan Indonesia dalam IMO [1], maka Pemerintah Indonesia berkewajiban untuk :

- Anjungan lepas pantai yang sudah tidak beroperasi harus segera dibongkar.
- Anjungan tersebut diatas yang dioperasikan pada kedalaman kurang dari 100 m, harus dibongkar/dipindahkan secara keseluruhan.
- Anjungan yang berada di alur pelayaran internasional harus dibongkar secara keseluruhan.

Ada beberapa pilihan metode untuk menangani permasalahan anjungan lepas pantai yang sudah tidak beroperasi, sebagaimana diperlihatkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Pilihan penanganan anjungan lepas pantai yang sudah tidak beroperasi

Dalam rangka untuk mendukung kegiatan pembongkaran anjungan lepas pantai, diperlukan suatu wahana yang dapat dipergunakan untuk melakukan kegiatan pembongkaran dan pengangkutan anjungan menuju lokasi yang dituju. Agar diperoleh satu wahana yang dapat berfungsi secara optimal maka dibutuhkan suatu

perencanaan dan analisis yang meliputi perencanaan ukuran utama kapal, bentuk badan kapal, tata letak ruang (General Arrangement), analisis stabilitas kapal pada berbagai kondisi yang direncanakan.

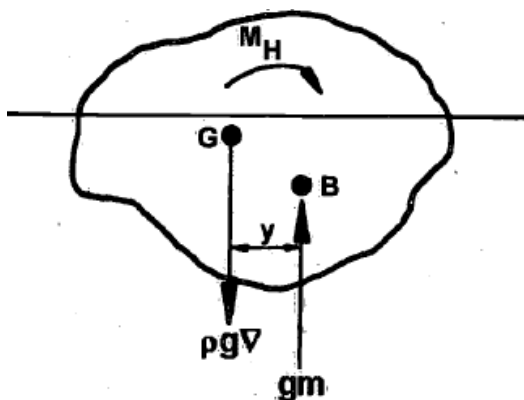
Pada paper ini akan diuraikan kajian stabilitas kapal berbentuk kapal tongkang (barge), pada

berbagai kondisi seperti kondisi departure, loading dan arrival. Dari analisis ini diharapkan akan diperoleh gambaran stabilitas kapal dibandingkan dengan kriteria stabilitas yang berlaku secara Internasional. Suatu metode pendekatan numerik dengan menggunakan code yang ada, maka diperoleh hasil-hasil perhitungan stabilitas kapal pada kondisi yang direncanakan.

Adapun hasil analisis stabilitas menunjukkan bahwa stabilitas kapal pada kondisi departure, loading dan arrival telah memenuhi kriteria/persyaratan stabilitas yang berlaku, pada kondisi kapasitas tangki tertentu.

2. Kajian Pustaka

Suatu struktur terapung dapat dikatakan memiliki stabilitas yang baik jika struktur tersebut mampu mengampung dengan baik, terlebih saat mengalami gaya-gaya dari luar seperti angin dan gelombang, gaya-gaya luar saat bongkar muat, dan lain-lain hingga dapat mengembalikan pada posisi tegak semula [4]. Sebuah kapal dikatakan memiliki stabilitas awal jika mampu kembali ke posisi semula setelah gaya yang menyebabkan kemiringan kapal ditiadakan. Gaya yang bekerja pada kapal dan mengakibatkan kemiringan pada kapal biasa dikenal dengan Momen Heeling [5].



Gambar 4. Momen heeling benda terapung

Jika tidak ada gaya eksternal yang bekerja pada struktur, lengan y akan bernilai 0, sehingga:

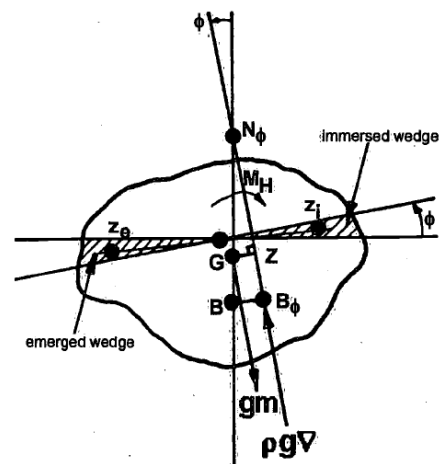
$$M_H = \rho g \nabla \cdot y = gm \cdot y \quad (1)$$

pada $y = 0$ maka $M_H = 0$

Hal ini berarti bahwa untuk struktur yang berada pada posisi tegak, titik pusat buoyancy B

dan titik pusat grafitasi akan berada pada satu garis lurus. Jika tidak demikian, maka struktur akan mengalami heeling.

Bilamana ada Momen Heeling (gaya eksternal) yang bekerja pada kapal, maka kapal akan mengalami kemiringan sebesar ϕ derajat. Sebagai akibat kemiringan tersebut maka bentuk kapal yang berada di bawah garis air akan mengalami perubahan. Titik pusat buoyancy akan bergeser dari B ke $B\phi$ pada garis yang sejajar dengan garis yang melewati titik pusat luasan bidang yang tenggelam dan terangkat (lihat Gambar 5 berikut).



Gambar 5. Keseimbangan benda terapung pada sudut kemiringan ϕ

Sehingga besarnya Momen Stabilitas pengembali, M_S dapat dirumuskan:

$$M_S = M_H \quad (2)$$

$$M_S = mg \cdot \overline{GZ} \quad (3)$$

Pada kasus terjadinya sudut kemiringan kapal yang besar, maka titik metasenter akan tergantung pada sudut kemiringan kapal dan N_ϕ .

Dengan demikian, besarnya momen stabilitas statis dapat dituliskan menjadi:

$$M_S = mg \cdot \overline{GN_\phi} \sin \phi \quad (4)$$

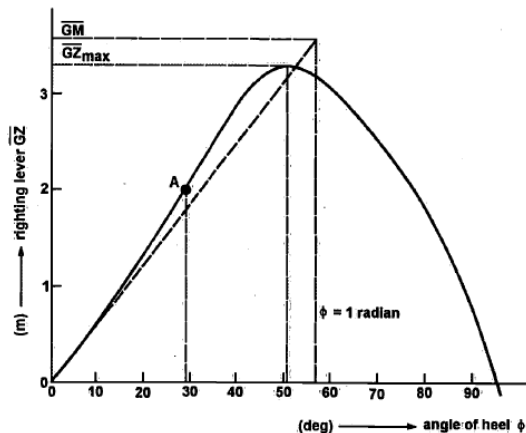
Besarnya lengan GZ akan ditentukan oleh sifat-sifat hidrostatis dari bagian struktur yang tenggelam dan titik pusat beratnya. Adapun harga

GN_ϕ dapat ditentukan dengan perumusan sebagai berikut:

$$\overline{GN_\phi} = \overline{KB} + \overline{BN_\phi} - \overline{KG} \quad (5)$$

$$\overline{GN_\phi} = \overline{GM} + \frac{1}{2} \overline{BM} \cdot \tan^2 \phi \quad (6)$$

Oleh karena lengan stabilitas sangat tergantung pada sudut kemiringan kapal, maka kurva GZ sebagaimana ditunjukkan oleh Gambar berikut, dianggap sangat cocok untuk menilai stabilitas sebuah kapal.



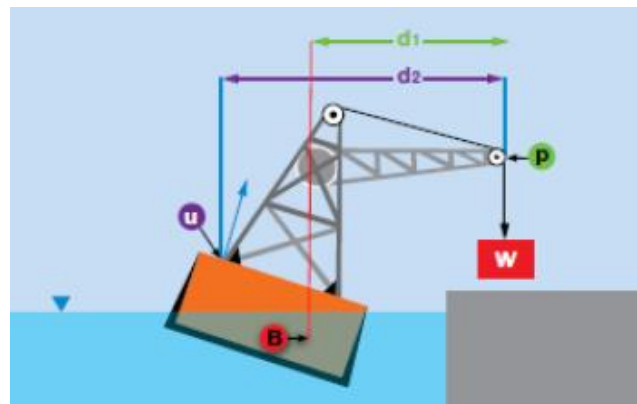
Gambar 6. Kurva stabilitas statis

Beberapa karakteristik yang dianggap penting pada kurva stabilitas statis adalah:

- Slope pada titik origin
Untuk sudut kecil, lengan pengembali sebanding dengan sudut kemiringan. Dengan demikian, tangent kurva GZ menunjukkan tinggi titik metasenter GM.
- GZ maksimum
Harga ini sebanding dengan momen heeling terbesar dimana tidak mengalami capsizing (terbalik).
- Rentang Stabilitas
Merupakan rentang sudut kemiringan kapal dimana GZ mempunyai nilai positif.
- Sudut tenggelam geladak kapal
Pada sebagian besar kapal, menunjukkan sudut dimana geladak kapal mulai tenggelam.
- Luasan dibawah kurva stabilitas

2.1. Stabilitas Saat Loading

Pada kapal yang menggunakan crane atau alat angkat sejenis, perlu diperhatikan bahwa berat beban yang diangkat bertumpu pada titik suspensi, bukan pada bagian pangkal crane. Dengan demikian maka momen overturning akan cenderung bisa mengakibatkan kapal terbalik. Besarnya momen overturning adalah merupakan hasil kali berat beban dengan jarak horisontal (d_1) dari titik suspensi (p) terhadap titik buoyancy (B) sebagaimana ditunjukkan oleh Gambar berikut.



Gambar 7. Momen pada crane saat loading

Gaya angkat terbesar bekerja pada titik sentuh/tangkap terjauh (crane terhadap barge) dari titik suspensi. Momen yang terjadi merupakan hasil kali berat beban yang diangkat dengan jarak horisontal (d_2) titik suspensi (p) dari titik angkat (u).

Pada analisis stabilitas crane saat mengangkat beban, peningkatan radius akan diikuti dengan penurunan sudut "Boom" dan penurunan besarnya beban. Dengan demikian, penurunan sudut Boom akan meningkatkan stabilitas kapal [6].

Demikian halnya, karena kapal beroperasi pada beberapa sarat yang berbeda terutama saat bongkar muat, maka analisis kapal pada kondisi tersebut tidak dapat dijelaskan dengan pasti. Dengan demikian kurva hidrostatis kapal pada kondisi ini menjadi sangat penting.

2.2. Pengaruh Kapasitas Tangki Ballast Pada Stabilitas Saat Loading

Secara umum, perhitungan kapasitas tangki ballast diperlukan untuk menentukan berat beban yang akan diangkat oleh crane. Semakin besar

berat beban yang diangkat maka semakin besar volume ballast yang dibutuhkan untuk mendapatkan stabilitas yang baik. Kapasitas air ballast pada kapal didefinisikan sebagai volume tangki/ruangan yang disediakan di kapal untuk proses penyeimbangan yang dinyatakan dalam m^3 .

Kapasitas volume tangki ballast sangat menentukan tingkat seaworthiness suatu kapal pada kondisi statis dan dinamis. Sebagai contoh, sesuai regulasi yang dikeluarkan oleh Det Norske Veritas [7] untuk kapal tanker berukuran 20.000 ton atau lebih, dipersyaratkan untuk memiliki tangki ballast yang terpisah. Kapasitas tangki ballast tersebut harus sedemikian hingga pada kondisi ballast apapun, sarat dan trim kapal harus memenuhi persyaratan berikut:

- Draft di bagian tengah kapal,
 $d_m \geq 2.0 + 0.02L$
- Trim stern yang terjadi,
 $t \leq 0.015 L$

Secara umum, kapal kargo dan kapal feri Ro-Ro menggunakan hanya sedikit kapasitas air ballast, yaitu, umumnya sekitar 20% dari DWT, dengan beberapa pengecualian bahkan lebih dari 40% DWT. Di sisi lain, untuk kapal angkut cairan dan muatan curah kering (dry-bulk), misalnya, kapal tanker, dry-bulk carrier, membutuhkan jumlah kapasitas air ballast yang lebih besar hingga 30 sampai 50% dari DWT, yang kurang lebih sekitar 100.000 m^3 air ballast per kapal.

2.3. Kriteria Stabilitas

Sebagaimana dijelaskan sebelumnya bahwa wahana ini digunakan untuk melakukan pembongkaran dan pengangkutan anjungan lepas pantai yang sudah tidak beroperasi (ALPO), dimana dalam perencanaan stabilitas lebih ditekankan pada kondisi pengangkatan dan pengangkutan ALPO sebagai kondisi yang dianggap kritis. Dalam perencanaan stabilitas intact kapal ini, digunakan beberapa kriteria stabilitas dengan mengacu pada regulasi Badan Klasifikasi seperti DNV serta regulasi yang ditetapkan oleh IMO [8], yang mencakup beberapa kriteria sebagai berikut:

- Harga lengan pengembali GZ pada sudut kemiringan 30 derajat atau lebih, tidak boleh kurang dari 0,02 m.
- Lengan pengembali maksimum harus terjadi pada sudut lebih dari 25 derajat.

Tinggi titik metasenter awal, tidak boleh kurang dari 0.15 m.

3. Metodologi Penelitian

Perencanaan dan analisis pengoperasian wahana angkut ALPO dilakukan melalui beberapa tahapan dengan menggunakan pendekatan numerik yang meliputi: penentuan ukuran utama kapal dan bentuk lambung kapal, perhitungan berat kapal dan perhitungan stabilitas kapal dalam berbagai kondisi prosentase kapasitas tangki ballast.

Dalam makalah ini, perhitungan stabilitas kapal lebih ditekankan pada stabilitas statis pada kondisi intact (tidak ada kerusakan/gangguan pada kapal yang berpengaruh terhadap stabilitas kapal). Beberapa skenario yang direncanakan dalam perhitungan stabilitas yang terdiri atas beberapa kondisi operasional sebagai berikut:

- Kondisi saat departure
- Kondisi saat crane menjalankan proses loading
- Kondisi saat arrival

Dalam analisis stabilitas pada kondisi di atas, digunakan beberapa kriteria sebagaimana yang diberikan oleh institusi klasifikasi Det Norske Veritas (DNV) dan International Maritime Organisation (IMO). Berdasarkan kriteria-kriteria yang diberikan, akan dapat ditentukan kualitas stabilitas wahana angkut ALPO.

4. Hasil-Hasil Penelitian dan Pembahasan

Berdasarkan perencanaan yang dilakukan, diperoleh ukuran utama dan bentuk lambung kapal sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 1 dan Gambar 8.

Hasil-hasil perhitungan stabilitas pada beberapa kondisi yang dianggap penting terkait dengan perencanaan wahana angkut ALPO adalah sebagai berikut:



- Kondisi Departure (saat kapal akan berangkat berlayar)

Hasil perhitungan ditampilkan dalam bentuk kurva GZ sebagai fungsi sudut kemiringan kapal (heeling) sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 9.

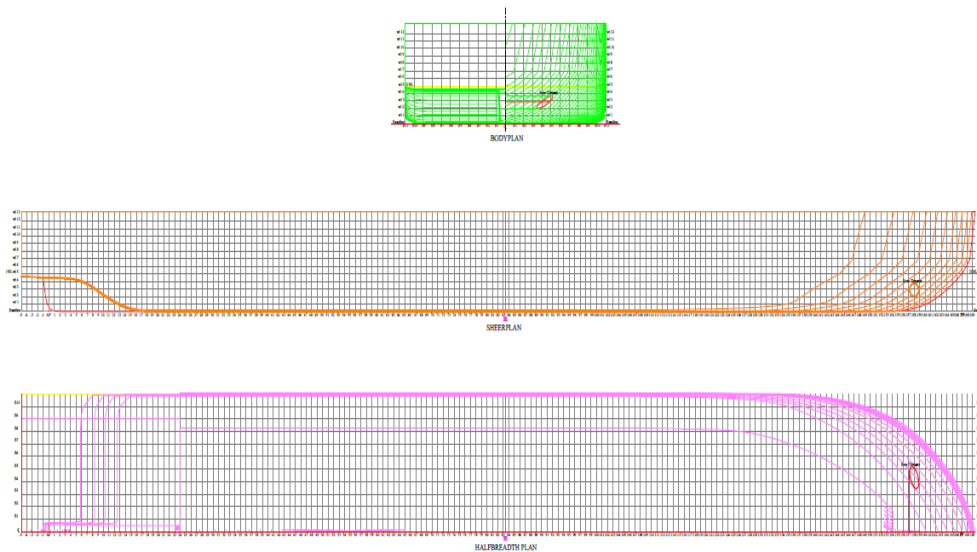
- Kondisi Loading (saat crane mengangkat beban)

Oleh karena pada saat crane melakukan loading kapal mengalami kemiringan maka perlu dilakukan proses ballasting dengan mengisi tangki ballast dalam prosentase tertentu (10-100%) kapasitas tangki hingga memenuhi kriteria stabilitas.

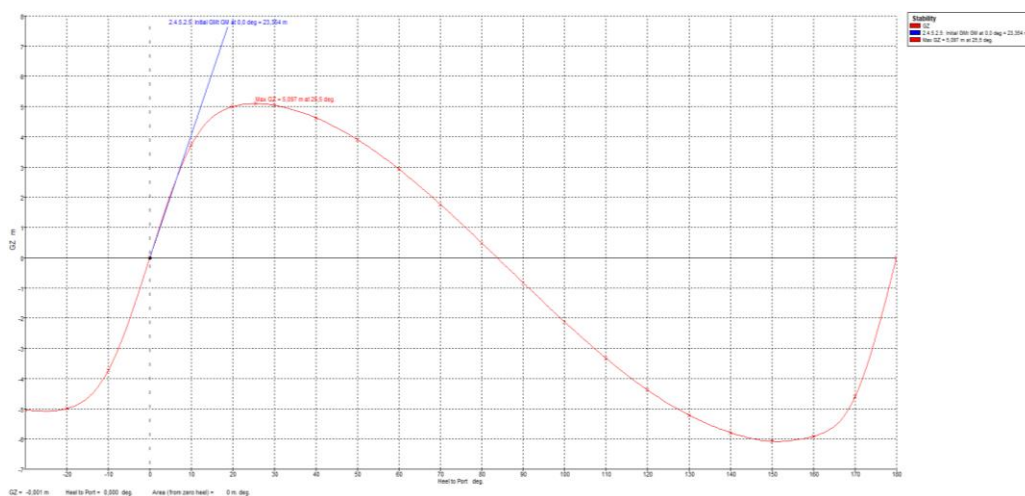
Tabel 1. Ukuran utama wahana angkut ALPO

Besaran	Simbol	Nilai	Satuan
Panjang antar garis tegak	LPP	103	m
Lebar tengah kapal	Bm	22	m
Sarat	T	3	m
Tinggi	H	6	m
Displacement	Δ	5760	Ton

Hasil-hasil perhitungan numerik yang diperoleh dapat dilihat pada Tabel 3-5.



Gambar 8. Lines plan wahana angkut ALPO



Gambar 9. Kurva GZ sebagai fungsi sudut kemiringan pada saat departure



Tabel 2. Analisis stabilitas kapal saat departure berdasarkan kriteria

Code	Criteria	Value	Units	Actual	Status	Margin %
GZ curve criteria	Value of GZ at spec, angle or max. GZ below				Pass	
	Heel angle at which required GZ is constant	30,0	deg			
	Required value of GZ at this angle is	0,200	m			
	Limited by first downflooding angle	n/a	deg			
	GZ at 25,5 deg shall be greater than (>)	0,236	m	5,097	Pass	+2062,3
	<i>Intermediate values</i>					
	Angle at which max. GZ occurs					
GZ curve criteria	Angle of max. GZ				Pass	
	Limited by first downflooding angle	n/a	deg			
	Shall be greater than (>)	25,0	deg	25,5	Pass	+1,82
2.4 Offshore supply vessel	2.4.5.2.5: Initial GMt				Pass	
	spec. heel angle	0,0	deg			
	Shall be greater than (>)	0,150	m	23,354	Pass	+15469

Tabel 3. Analisis stabilitas kapal pada kondisi ballast 10% kapasitas tangki

Code	Criteria	Value	Units	Actual	Status	Margin %
GZ curve criteria	Value of GZ at spec, angle or max. GZ below				Pass	
	Heel angle at which required GZ is constant	30,0	deg			
	Required value of GZ at this angle is	0,200	m			
	Limited by first downflooding angle	n/a	deg			
	GZ at 21,8 deg shall be greater than (>)	0,275	m	6,175	Pass	+2145,4
	<i>Intermediate values</i>					
	Angle at which max. GZ occurs		deg	21,8		
GZ curve criteria	Angle of max. GZ				Fail	
	Limited by first downflooding angle	n/a	deg			
	Shall be greater than (>)	25,0	deg	21,8	Fail	+12,73
2.4 Offshore supply vessel	2.4.5.2.5: Initial GMt				Pass	
	spec. heel angle	0,0	deg			
	Shall be greater than (>)	0,150	m	18,643	Pass	+12328

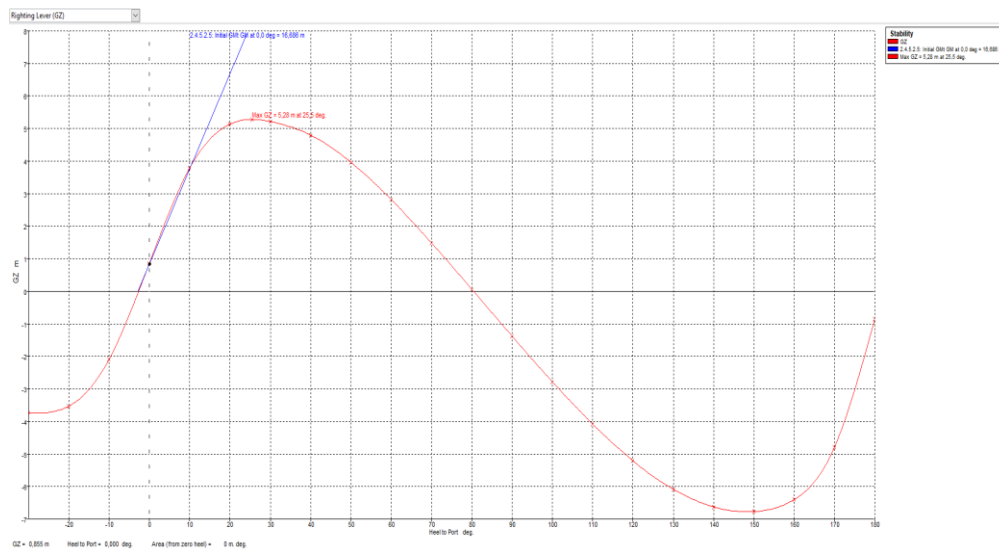
Tabel 4. Analisis stabilitas kapal pada kondisi ballast 30% kapasitas tangki

Code	Criteria	Value	Units	Actual	Status	Margin %
GZ curve criteria	Value of GZ at spec, angle or max. GZ below				Pass	
	Heel angle at which required GZ is constant	30,0	deg			
	Required value of GZ at this angle is	0,200	m			
	Limited by first downflooding angle	n/a	deg			
	GZ at 24,5 deg shall be greater than (>)	0,244	m	5,550	Pass	+2170,4
	<i>Intermediate values</i>					
	Angle at which max. GZ occurs		deg	24,5		
GZ curve criteria	Angle of max. GZ				Fail	
	Limited by first downflooding angle	n/a	deg			
	Shall be greater than (>)	25,0	deg	24,5	Fail	+1,82
2.4 Offshore supply vessel	2.4.5.2.5: Initial GMt				Pass	
	spec. heel angle	0,0	deg			
	Shall be greater than (>)	0,150	m	17,273	Pass	+11415



Tabel 5. Analisis stabilitas kapal pada kondisi ballast 40% kapasitas tangki

Code	Criteria	Value	Units	Actual	Status	Margin %
GZ curve criteria	Value of GZ at spec, angle or max. GZ below				Pass	
	Heel angle at which required GZ is constant	30,0	deg			
	Required value of GZ at this angle is	0,200	m			
	Limited by first downflooding angle	n/a	deg			
GZ curve criteria	GZ at 24,5 deg shall be greater than (>)	0,236	m	5,280	Pass	+2140,0
	<i>Intermediate values</i>					
	Angle at which max. GZ occurs		deg	25,5		
	Angle of max. GZ				Pass	
2.4 Offshore supply vessel	Limited by first downflooding angle	n/a	deg			
	Shall be greater than (>)	25,0	deg	24,5	Pass	+1,82
	2.4.5.2.5: Initial GMt				Pass	
2.4 Offshore supply vessel	spec. heel angle	0,0	deg			
	Shall be greater than (>)	0,150	m	16,686	Pass	+11024

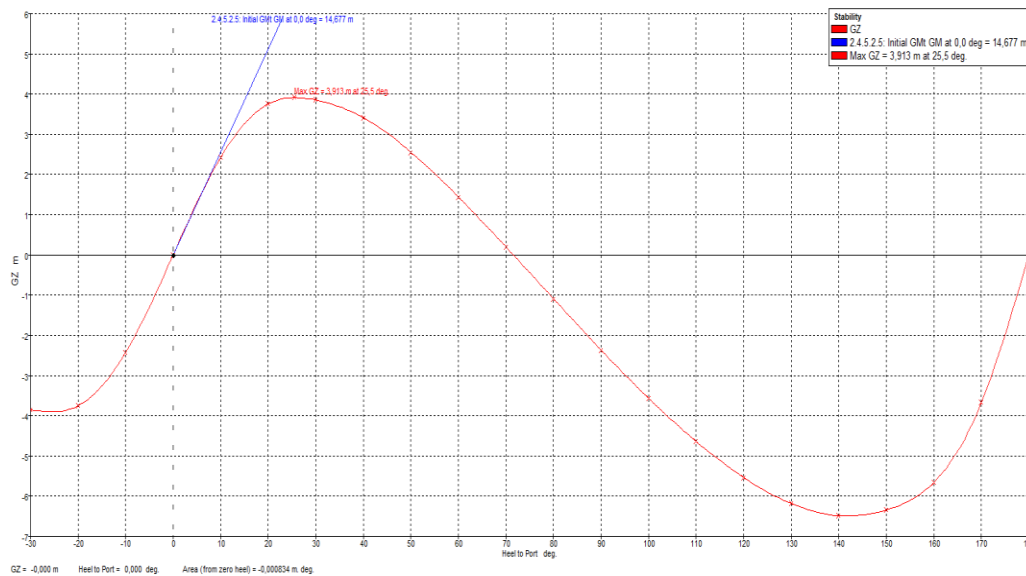


Gambar 10. Kurva GZ sebagai fungsi sudut kemiringan pada 40% kapasitas tangki ballast

Tabel 6. Analisis stabilitas kapal saat kondisi arrival

Code	Criteria	Value	Units	Actual	Status	Margin %
GZ curve criteria	Value of GZ at spec, angle or max. GZ below				Pass	
	Heel angle at which required GZ is constant	30,0	deg			
	Required value of GZ at this angle is	0,200	m			
	Limited by first downflooding angle	n/a	deg			
GZ curve criteria	GZ at 24,5 deg shall be greater than (>)	0,236	m	3,913	Pass	+1560,06
	<i>Intermediate values</i>					
	Angle at which max. GZ occurs		deg	25,5		
	Angle of max. GZ				Pass	
2.4 Offshore supply vessel	Limited by first downflooding angle	n/a	deg			
	Shall be greater than (>)	25,0	deg	25,5	Pass	+1,82
	2.4.5.2.5: Initial GMt				Pass	
2.4 Offshore supply vessel	spec. heel angle	0,0	deg			
	Shall be greater than (>)	0,150	m	16,686	Pass	+9684,67





Gambar 11. Kurva GZ sebagai fungsi sudut kemiringan pada saat arrival

- Kondisi Arrival (saat berlayar dengan membawa beban di geladak)

Pada kondisi ini di geladak kapal sudah ada muatan berupa potongan ALPO. Adapun hasil-hasil perhitungan yang diperoleh dapat dilihat pada Tabel 6 dan Gambar 11.

Berdasarkan pada hasil-hasil pemodelan numerik sebagaimana ditampilkan di atas, terlihat bahwa kapal saat departure mempunyai stabilitas yang cukup baik karena ketiga kriteria yang digunakan dapat dipenuhi.

Hasil-hasil pemodelan numerik wahana angkut ALPO saat crane melakukan aktifitas pengangkatan beban menunjukkan bahwa pada proses pengisian tangki ballast untuk mengembalikan momen yang terjadi akibat berat beban, pada pengisian tangki ballast hingga 30% kapasitas semua tangki ballast kapal, salah satu kriteria stabilitas kapal yaitu kriteria kurva GZ terkait dengan persyaratan deck immersion yang terjadi masih belum dapat dipenuhi. Kriteria ini baru dapat dipenuhi pada kondisi pengisian tangki ballast pada kondisi 40% kapasitas tangki ballast.

Adapun hasil pemodelan numerik wahana angkut ALPO pada saat arrival, yaitu kondisi dimana ada sejumlah muatan (ALPO) di atas geladak kapal, menunjukkan bahwa ketiga kriteria stabilitas bisa dipenuhi dengan baik.

5. Kesimpulan

Berdasarkan data yang ada dan kajian dengan menggunakan metode pendekatan numerik, dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

- Terdapat kurang lebih 449 Anjungan Lepas pantai Pasca Operasi (ALPO) dan memiliki potensi gangguan terhadap keselamatan pelayaran, sehingga dianggap perlu untuk segera dibongkar atau dipindahkan.
- Dibutuhkan satu perencanaan wahana angkut ALPO yang mampu menjalankan fungsinya serta memenuhi standar perencanaan diantaranya memiliki kualitas stabilitas intact yang baik dengan mengacu pada kriteria yang diberikan oleh DNV dan IMO.
- Dengan satu metode pendekatan numerik, dapat diketahui kualitas stabilitas wahana angkut ALPO pada saat departure, arrival dan khususnya saat loading sebagai fungsi prosentase kapasitas tangki ballast kapal.

Referensi

- [1] IMO (1989), "Guidelines and Standard for the Removal of Offshore Installations and Structures on the Continental Shelf and in the Exclusive Economic Zone", (IMO Resolution A.672 (16)).
- [2] Wahyono, S.K. (2007), "Indonesia Negara Maritim Jakarta", Teraju (Anggota IKAPI).



- [3] Budiman, A. (2010),” Pembinaan Wilayah Negara Untuk Kepentingan Pertahanan, Departemen Pertahanan”.
- [4] Thomas, C. Gillmer and Bruce Johnson (1982), “Introduction to Naval Architecture”, E. & F. N. Spon Ltd.
- [5] Gudmestad, O.T. 92007), “Stabilitet, Lecture Notes in Marine Technology”, University of Stavenger.
- [6] Ephraim M.E. and Douglas, I. E. (1991), “Technical Report on Analysis and Design of Support System for Weatherford Gulf Master G 1 5F Crane on the Anini-1 Rig.
- [7] DNV (2000),” Rules of Classification of Ships. Managing Risk – Electronic Rulebook”. Det Norske Veritas, Hovik, Norway.
- [8] IMO (2002), “ Code on Intact Stability for all Types of Ships”, Resolutions A.749 (18), Norway.



Rehabilitasi Perumahan dan Permukiman Swadaya Penunjang Wisata Berbasis Kelayakan Huni di Pesisir Pantai Tanjung Bayang Makassar

Fauziah Ahmad Misbahuddin^{1*}, Shirly Wunas¹, Mimi Arifin¹

¹Departemen Teknik Arsitektur, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin
Jl. Poros Malino km. 6, Bontomarannu, Kabupaten Gowa, Sulawesi Selatan 92171

*Email: ochy.ahmad@gmail.com

DOI: 10.25042/jpe.112018.09

Abstrak

Perkembangan fungsi rumah pribadi menjadi rumah sewa di pesisir Pantai Tanjung Bayang cenderung tidak memperhatikan standar-standar kelayakan bangunan dan kelayakan huni bagi penghuninya. Penelitian ini bertujuan: (1) menjelaskan kondisi fisik perumahan dan permukiman swadaya penunjang wisata terkait kelayakan huni di pesisir Pantai Tanjung Bayang Makassar; (2) menyusun konsep rehabilitasi fisik perumahan swadaya penunjang wisata berbasis kelayakan huni di pesisir Pantai Tanjung Bayang Makassar. Data yang digunakan adalah data primer yang diperoleh dari observasi, wawancara, kajian literatur, undang-undang tentang perumahan dan permukiman serta data dari badan pusat statistik (BPS) kota Makassar. Analisis data secara deskriptif kualitatif, kuantitatif dan komparatif. Data disajikan berupa nilai angka dalam tabel frekuensi dan dianalisis dengan menggunakan metode IPA. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kondisi perumahan dan permukiman swadaya penunjang wisata di pesisir Pantai Tanjung Bayang Makassar belum memenuhi syarat sebagai hunian wisata yang layak. Keselamatan bangunan, luasan ruang dan bukaan, serta kelengkapan sarana dan prasarananya, seperti pemasangan jaringan listrik, ketersediaan air bersih, sarana drainase, sistem pembuangan sampah, dan sistem pembuangan air limbah tidak memenuhi standar kelayakan huni dan kelayakan kunjungan. Konsep rehabilitasi yang diusulkan meliputi arahan konsep struktur dan material konstruksi rumah, arahan konsep luasan ruang dan bukaan serta arahan konsep sistem utilitas dan sanitasi.

Abstract

Rehabilitation of Self-Supporting Housing and Settlements of Self-Reliance Based Tourism on the Coastal Area of Tanjung Bayang Coast Makassar. The development of the function of private homes into rental homes in the coast of Tanjung Bayang tends not to pay attention to the standards of building feasibility and life eligibility for residents. This study aims to explain the physical condition of self-help housing and settlement to support tourism related to life feasibility on the coast of Tanjung Bayang Makassar. The data used are primary data that obtained from observations, interviews, literature reviews, laws on housing and settlements and data from the statistical center of the city of Makassar. Data analysis uses qualitative, quantitative and comparative descriptive. Data is presented in the form of numerical values on a continuum scale and calculation of percentages in frequency tables using the IPA method. The results of the study show that the conditions of the self-help housing and settlement in the coast of Tanjung Bayang Makassar has not fulfilled the requirements as a decent tourist residence. The safety aspects of the house buildings, space and window opening areas, as well as the completeness of facilities and infrastructure, such as the installation of electricity networks, availability of clean water, drainage facilities, landfills, and sewage systems are not according to the standards of eligibility for life and visit. The proposed rehabilitation concept includes the direction of the concept of structure and material of the house construction, space and window opening area and the utility and sanitation.

Kata Kunci: Layak huni, rumah swadaya, wisata

1. Pendahuluan

Potensi wisata Pantai Tanjung Bayang menjadi tumpuan ekonomi masyarakat Tanjung Bayang dan berimbas pada berkembangnya berbagai usaha swadaya. Salah satu usaha yang

banyak digeluti adalah jasa penyewaan gazebo dan hunian sewa. Penyewaan hunian bahkan sampai melibatkan rumah pribadi. Dalam perkembangannya, perumahan swadaya beralihfungsi menjadi rumah sewa namun sayangnya tidak diikuti dengan perbaikan sarana



dan cenderung tidak memperhatikan standar-standar kelayakan bangunan dan kelayakan huni bagi penghuninya, Akibatnya kawasan ini berubah menjadi kawasan permukiman yang terkesan kumuh ditandai dengan ciri tingkat kepadatan dan kerapatan bangunan yang tinggi yang diakibatkan oleh perkembangan hunian secara informal, material dinding dan atap yang rawan terhadap keselamatan bangunan dan penghuni, infrastruktur yang belum memadai, serta kondisi fisik rumah yang terkesan kumuh dan tidak layak huni.

Ada kecenderungan jika suatu daerah beralihfungsi maka masyarakatnya pun beralih mengikuti fungsi tersebut. Kawasan yang memiliki potensi wisata, terutama wisata alam, membutuhkan dukungan akomodasi. Rumah swadaya, yakni rumah yang dibangun atas prakarsa dan upaya masyarakat sendiri [1], seringkali beralih fungsi menjadi hunian sewa untuk mendukung potensi wisata kawasan dan meningkatkan perekonomian masyarakat.

Salah satu masalah di wilayah pesisir adalah pengembangan kegiatan wisata pesisir yang mengabaikan konsep keberlanjutan di mana penduduk lokal mengembangkan bangunan hunian dan sarana penunjangnya tanpa mengikuti peraturan tata bangunan dan lingkungan pesisir pantai [2].

Rumah bukan hanya sekedar tempat berteduh, beristirahat dan berkeluarga namun juga dapat berfungsi untuk menggalang sumber daya yang dimiliki penghuni dengan melihat peluang yang ada [3].

Untuk menilai kelayakan huni sebuah rumah, kriteria rumah layak huni antara lain [4]:

- a. Memenuhi persyaratan keselamatan bangunan, dalam hal struktur bawah (pondasi), struktur tengah (tiang/kolom) dan struktur atas (atap).
- b. Menjamin kesehatan
 - Kecukupan pencahayaan minimal 50% dari dinding yang berhadapan dengan ruang terbuka untuk ruang tamu dan minimal 10% dari dinding yang berhadapan dengan ruang terbuka untuk ruang tidur.
 - Kecukupan penghawaan minimal 10% dari luas lantai.

- Penyediaan sanitasi minimal 1 kamar mandi dan jamban di di dalam atau di luar bangunan rumah dan dilengkapi dengan bangunan bawah septiktank atau dengan sanitasi komunal.
- c. Memenuhi kecukupan luas minimum, yakni luas minimal antara 7,2 m²/orang sampai dengan 12 m²/orang dengan fungsi utama sebagai hunian yang terdiri dari ruang serba guna/ruang tidur dan dilengkapi dengan kamar mandi.

Luas minimal rumah sederhana berdasarkan simulasi kenyamanan gerak yaitu 47,46 m² atau 11,89 m²/jiwa (asumsi 1 keluarga terdiri atas 4 orang) [5].

Ventilasi yang baik dalam ruangan harus memenuhi beberapa syarat diantaranya luas lubang ventilasi tetap minimum 5% dari luas lantai ruangan [6]. Sedangkan luas ventilasi insidentil (dapat dibuka dan ditutup) minimum 5% dari luas lantai. Total menjadi minimal ventilasi dalam satu ruangan adalah 10% dari luas ruangan tersebut dan maksimal 20 % dari luas ruangan tersebut. Idealnya sebuah ruangan memiliki luas bukaan seluas 15 % dari luas ruangan tersebut. Untuk pencahayaan alami luas bukaan cahayanya adalah 1/8 – 1/5 luas ruangan tersebut, idealnya 1/7 dari luas ruangan tersebut [7]. Beberapa strategi dasar pencahayaan alami antara lain: a. orientasi b. pencahayaan melalui atap c. bentuk d. perencanaan ruang e. warna [8].

Kelayakan huni sebuah bangunan juga ditentukan oleh faktor-faktor lain selain standar-standar teknis yang berlaku. Untuk perumahan berarsitektur tropis 3 faktor utama yang perlu diperhatikan adalah sosial budaya, iklim dan teknologi setempat [9]. Rumah tinggal yang baik harus mampu memodifikasi iklim luar yang tidak nyaman menjadi iklim dalam yang nyaman bagi penghuninya [10]. Faktor penting untuk membangun perlindungan terhadap iklim yang tidak nyaman tersebut yaitu melalui pencahayaan, suhu, kelembaban udara, dan sebagainya.

Perumahan pesisir umumnya masih dalam bentuk panggung. Rumah panggung sesuai dengan kondisi iklim pantai yang memiliki angin kuat.



Kestabilan bangunan sangat dipengaruhi oleh sistem konstruksi dan bahan bangunan [11]. Struktur rumah panggung dapat mengatasi permasalahan perumahan wilayah pesisir, karena pergerakan badai angin dapat mengalir melalui kolong rumah panggung. Bentuk atap juga mempengaruhi ketahanan bangunan terhadap angin. Bentuk atap miring seperti atap pelana atau limas memiliki kapasitas yang tinggi untuk menahan angin [12]. Pada rumah tradisional (panggung), diatas 64% dari total kapasitas panas dapat ditahan oleh atap, sementara dalam rumah modern beratap cenderung datar hanya sekitar 30% [9]. Selain itu pembayangan yang cukup dari bentuk atap rumah tradisional (panggung) adalah tampilan khusus lainnya yang dapat mereduksi panas. Secara keseluruhan bentuk rumah tradisional sangat adaptif terhadap kondisi iklim pantai yang ada disekitarnya dan bencana yang terjadi, namun tuntutan ekspansi rumah dengan keterbatasan kemampuan konstruksi berdampak pada rendahnya keamanan dan keselamatan bangunan [13].

Penelitian ini bertujuan untuk menjelaskan kondisi fisik perumahan dan permukiman swadaya penunjang wisata terkait kelayakan huni di pesisir Pantai Tanjung Bayang Makassar dan menyusun konsep rehabilitasi fisik perumahan dan permukiman yang layak huni agar daya dukung terhadap potensi wisata sejalan dengan terjaminnya kualitas hidup penghuni dan pengunjungnya.

2. Metode Penelitian

2.1. Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan di pesisir Pantai Tanjung Bayang, Kelurahan Tanjung Merdeka, Kecamatan Tamalate, Kota Makassar. Jenis penelitian ini adalah penelitian deskriptif dengan pendekatan kualitatif, kuantitatif dan komparatif.

2.2. Populasi dan Sampel

Populasi adalah seluruh rumah swadaya berbentuk panggung yang merupakan bentuk rumah tradisional Makassar. Sampel sebanyak 51 unit yang telah memenuhi kriteria fungsi rumah yaitu rumah sewa dan rumah sewa dengan

pemilik tinggal bersama. Teknik sampling yang digunakan adalah *non-probability sampling*, yakni *purposive sampling*. *Purposive sampling* adalah teknik pengambilan sampel untuk tujuan tertentu [14]. Sampel responden yang mewakili populasi adalah para pemilik rumah swadaya tersebut.

2.3. Metode Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan dengan observasi terhadap obyek yang diteliti dan wawancara, baik kepada pengurus LPM stempat, tokoh masyarakat dan masyarakat secara langsung maupun kepada wisatawan melalui kuisisioner.

2.4. Analisis Data

Teknik analisis yang digunakan adalah analisis deskriptif kualitatif untuk membuat deskripsi secara sistematis, faktual dan akurat terhadap data yang telah diperoleh.

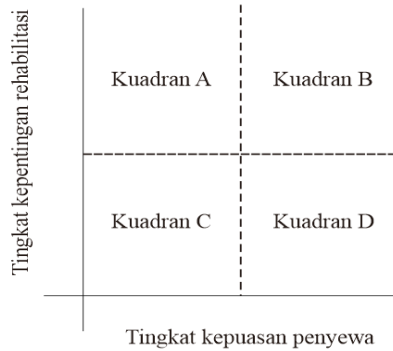
Important Performance Analysis (IPA) untuk menganalisis tingkat kinerja rumah swadaya berdasarkan variabel penilaian yang telah ditetapkan. Dalam analisis ini sumbu x digunakan untuk menunjukkan tingkat kepuasan pengunjung/penyewa dan sumbu y untuk menunjukkan tingkat kepentingan rehabilitasi.

Hasil analisis disajikan dalam bentuk diagram kartesius. Pengertian kuadran pada diagram kartesius adalah sebagai berikut.

- Kuadran A menunjukkan variabel yang kondisinya tidak memuaskan dan memerlukan rehabilitasi.
- Kuadran B menunjukkan variabel yang kondisinya telah memenuhi harapan dan perlu dipertahankan.
- Kuadran C menunjukkan variabel yang kondisinya tidak memuaskan namun tidak penting untuk dilakukan rehabilitasi.
- Kuadran D menunjukkan variabel yang kondisinya telah memenuhi harapan namun penting untuk ditingkatkan.

Analisis komparatif untuk membandingkan kesesuaian kelayakan huni antara kondisi fisik rumah swadaya dengan kajian teori yang telah dilakukan pada bab sebelumnya.





Gambar 1. Diagram kartesius

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Geografis dan Batas Wilayah

Kawasan Pantai Tanjung Bayang berada di bagian wilayah administrasi Kelurahan Tanjung Merdeka yakni RT 04 RW 05, Kecamatan Tamalate, Kota Makassar. Secara geografis, terletak antara 119°24'17"38" Bujur Timur dan 5°8'6"19" Lintang Selatan. Tanjung Bayang memiliki panjang pantai sekitar 456,1 m dan luas wilayah 202.828 m².



Gambar 2. Peta ilustrasi letak pesisir pantai tanjung bayang
(Sumber : Google Earth)

Pesisir Tanjung Bayang merupakan kawasan daratan dan perairan dengan curah hujan dan kelembaban yang tinggi. Tiupan angin kencang membawa kandungan garam dari pantai menuju daratan.

Berdasarkan data Lembaga Pengelola Masyarakat dan ketua RT setempat, jumlah penduduk pesisir Pantai Tanjung Bayang pada

tahun 2017 sebanyak 332 jiwa yang terdiri atas 83 KK. Mata pencaharian penduduk di pesisir Pantai Tanjung Bayang telah banyak beralih dari nelayan menjadi buruh bangunan, juru parkir, pedagang kios, penyedia jasa penyewaan gazebo dan hunian sewa dan lain-lain.

3.2. Karakteristik Bentuk Konstruksi Bangunan

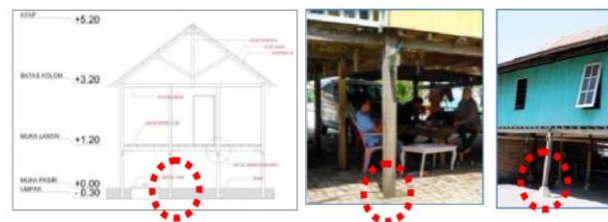
Bayang awalnya adalah berbentuk panggung yang merupakan bentuk rumah tradisional suku makassar dan digunakan oleh para nelayan untuk menghindari air pasang laut dan hewan. Karakter ini bertahan hingga puluhan tahun. Seiring dengan perkembangan Pantai Tanjung Bayang menjadi destinasi wisata, rumah dialihfungsikan menjadi hunian sewa untuk para wisatawan sehingga kawasan itu menghasilkan perkembangan bentuk hunian, bukan hanya panggung tapi juga non panggung, dengan material kayu, semi permanen dan permanen. Meski demikian rumah panggung dengan material kayu masih mendominasi di kawasan ini.



Gambar 3. Bentuk konstruksi bangunan di pesisir pantai tanjung bayang

3.3. Struktur dan Material Bangunan

Pondasi yang digunakan untuk struktur bawah adalah bentuk umpak (kolom didudukkan di atas batu). Jenis pondasi ini digunakan karena fleksibel dalam menghadapi gaya geser.



Gambar 4. Ilustrasi potongan struktur dan foto jenis pondasi rumah panggung di pesisir pantai tanjung bayang

Tiang pada rumah panggung di pesisir Pantai Tanjung Bayang terbuat dari material kayu berbentuk persegi empat yang menggunakan sistem sambungan dengan pen dan lubang, sambungan T atau balok penjepit dan pasak sebagai penghubung antar tiang. Konstruksi dari rumah panggung tidak memiliki sistem yang sama.



Gambar 5. Ilustrasi foto konstruksi tiang kolong dan balok penyangga lantai rumah panggung di pesisir pantai tanjung bayang

Beberapa rumah mengalami penurunan kualitas pada material tiangnya di mana material kayu yang sudah tidak tahan dengan air memuai dan menyerap air. Hal ini disebabkan umur bangunan yang sudah puluhan tahun. Rumah yang tiangnya mengalami penurunan kualitas dibantu dengan kayu penyangga agar tidak miring atau roboh.

Konstruksi kemiringan atap rumah dan sambungannya juga mempengaruhi ketahanan bangunan. Perumahan memiliki 2 karakter bentuk atap, yakni limas terpancung dan plana. Bentuk atap dengan kemiringan atap $>30^\circ$ cukup mampu menahan badai angin. Namun konstruksi sambungan atap tambahan yang cenderung datar dan menyatu dengan atap utama rentan terbongkar akibat badai angin. Apalagi jika sistem sambungannya tidak memenuhi standar perencanaan teknis.



Gambar 6. Ilustrasi foto bentuk atap plana kemiringan $>30^\circ$ dan atap tambahan yang datar dan menyatu dengan atap utama

Material seng pada dinding maupun atap banyak digunakan untuk mengganti material kayu dan sirap yang sudah lapuk. Material ini rentan dipengaruhi oleh kondisi angin laut yang membawa kandungan garam dan dapat menyebabkan korosi yang lebih cepat. Material seng juga mudah menghantar panas sehingga kurang menghasilkan kenyamanan termal dalam rumah karena panas dan lembab terutama di siang hari.

3.4. Luasan Ruang

Bentuk rumah di pesisir Pantai Tanjung Bayang Makassar awalnya adalah panggung tradisional bugis makassar. Namun karena perkembangan zaman dan untuk memenuhi kebutuhan pemilik, rumah mengalami pengembangan ruang pada bagian belakang maupun bawah rumah untuk area servis (dapur) dengan menggunakan material yang beragam, mulai dari bata, tripleks atau seng.

Berdasarkan luasan rumah, ada 9 tipe luasan khusus bagian rumah panggungnya, yakni tipe 18 m², tipe 22,5 m², tipe 26 m², tipe 30 m², tipe 33 m², tipe 40 m², tipe 45 m², tipe 60 m² dan tipe 80,5 m². Tipe ini berkembang menjadi lebih luas setelah penambahan ruang ke belakang maupun ke bawah. Hampir seluruh rumah menerapkan sistem penyewaan per kelompok tanpa mempertimbangkan jumlah wisatawan yang akan menginap dan tanpa pemisahan gender. Umumnya tiap kelompok minimal 6 orang, bahkan sampai 15 orang.

Dengan sistem penyewaan per kelompok yang diterapkan pada rumah-rumah swadaya, baik yang khusus untuk disewakan maupun disewakan dengan pemilik tinggal bersama, pemenuhan kecukupan luasan per penghuni yakni 11, 89 m² jelas tidak tercapai. Untuk itu dibutuhkan pengaturan yang lebih terarah agar kebutuhan luasan ruang penghuni maupun penyewa memadai.

3.5. Luasan Bukaan

Rata-rata rumah memiliki luasan bukaan jendela 0,4 m² untuk luas dinding 7,5 m² untuk ruang tidur. Tidak sampai 10 persen dari luas

dinding yang berhadapan dengan ruang luar. Bahkan ada yang tidak memiliki bukaan jendela sama sekali. Hal ini menyebabkan ruang menjadi terlihat gelap dan pengap. Rata-rata bangunan tambahan hanya diberikan bukaan pintu tanpa jendela atau minim ventilasi.

3.6. Ketersediaan Sanitasi Jaringan Listrik

- Fasilitas listrik rata-rata disediakan dengan daya 900 watt. Pemasangan jaringan listrik tidak teratur karena hanya tergantung di atas kuda-kuda rumah.
- Sumber air yang digunakan adalah sumur bor yang rata-rata airnya terasa payau. Belum ada saluran pipa PDAM yang sampai ke rumah-rumah, sehingga untuk keperluan minum dan masak mereka membeli air bersih ke LPM Tanjung Bayang.
- Jenis limbah berupa air buangan dari aktifitas dapur, mandi, cuci dan kakus. Air bekas aktifitas rumah tangga langsung dialirkan ke tanah tanpa ada pengolahan berupa proses penampungan dan penyaringan sebelumnya maupun saluran pembuangan. Saluran pembuangan hanya tersedia di sepanjang jalan utama kawasan dan digunakan tidak lebih untuk aliran air hujan sehingga rentan menimbulkan banjir dan genangan. Banjir dan genangan juga disebabkan karena sedimentasi di muara sungai, kemiringan tanah dan kualitas vegetasi yang kurang memadai.
- Sistem pembuangan sampah cenderung masih menggunakan cara tradisional yakni dibakar di tempat. Bahkan ada yang membuang sampah di tempat yang diklaim sebagai tempat

pembuangan umum tetapi masih di sekitar pemukiman sehingga menimbulkan lingkungan yang kotor dan tidak sedap dipandang. Sampah yang bertumpuk juga menjadi salah satu penyebab terjadinya banjir dan genangan karena limpasan air yang terkendala.

- Sanitasi dalam hal ini kamar mandi dan jamban cukup tersedia. Ada yang tersedia di dalam rumah ada pula di luar. Ketersediaan septiktank pun sudah dilakukan. Namun kondisi fisik sanitasi masih kurang memadai sebagai penunjang wisata.

3.7. Kondisi Fisik Bangunan Hunian Sewa Swadaya Berdasarkan Persepsi Penyewa

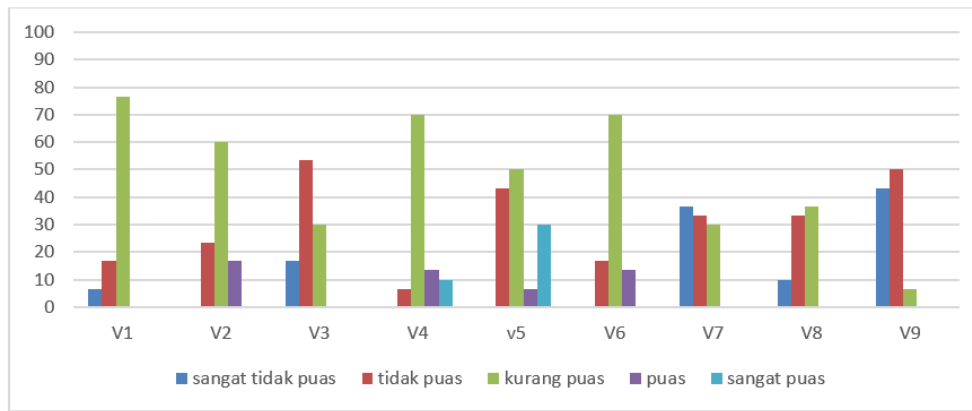
Ada 9 variabel yang diukur untuk mengetahui tingkat kepuasan penyewa terhadap kinerja perumahan dan permukiman swadaya dan kepentingan rehabilitasi, yakni: variabel ketersediaan ruang (V1), luasan ruang (V2), kenyamanan termal (V3), kecukupan cahaya (V4), kenyamanan privasi (V5), ketersediaan listrik (V6), ketersediaan air bersih (V7), kebersihan lingkungan (V8) dan fasilitas MCK (V9).

Tabel 1 menunjukkan frekuensi kepuasan penyewa terhadap kinerja rumah swadaya. Hampir seluruh variabel dinilai kurang memuaskan bagi penyewa. Sebanyak 5 orang (16,67%) penyewa yang merasa puas untuk variabel luasan ruang, 4 orang (13,33%) untuk variabel kecukupan cahaya, 2 orang (6,67%) untuk variabel kenyamanan privasi dan 4 orang (13,33%) untuk variabel ketersediaan listrik.

Tabel 1. Frekuensi kepuasan penyewa

Kategori	1		2		3		4		5		Jumlah	
	F	%	F	%	F	%	F	%	F	%	F	%
V1	2	6,67	5	16,67	23	76,67	0	0	0	0	30	100
V2	0	0	7	23,33	18	60	5	16,67	7	0	30	100
V3	5	16,67	16	53,33	9	30	0	0	0	0	30	100
V4	0	0	2	6,67	21	70	4	13,33	3	10	30	100
V5	0	0	13	43,33	15	50	2	6,67	0	0	30	100
V6	0	0	5	16,67	21	70	4	13,33	0	0	30	100
V7	11	36,67	10	33,33	9	30	0	0	0	0	30	100
V8	3	10	16	53,33	11	36,67	0	0	0	0	30	100
V9	13	43,33	15	50	2	6,67	0	0	0	0	30	100





Gambar 7. Persentase tingkat kepuasan penyewa

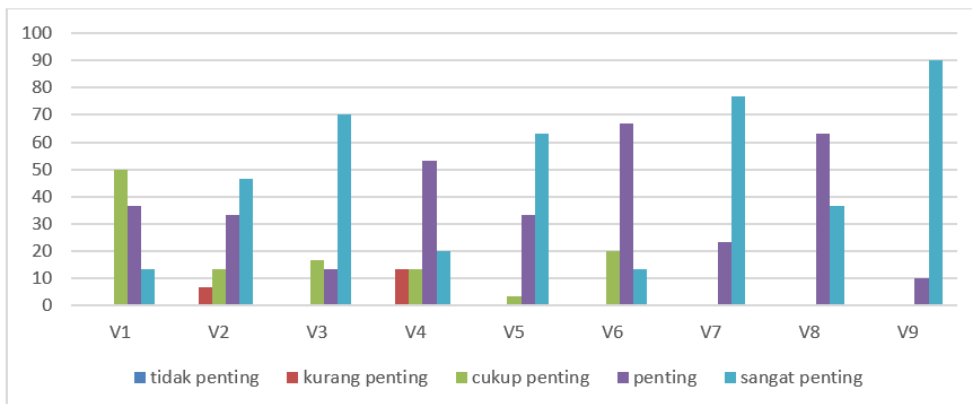
Tabel 2 menunjukkan frekuensi kepentingan rehabilitasi rumah swadaya. Hampir seluruh variabel dinilai perlu untuk dilakukan rehabilitasi. Hanya 2 variabel yang dinilai belum memerlukan rehabilitasi yakni variabel luasan sebanyak 2

orang (6,67%) dan variabel kecukupan cahaya sebanyak 4 orang (13,33%).

Matriks analisa kuadran menunjukkan hampir seluruh variabel tidak memuaskan penyewa dan memerlukan rehabilitasi (kuadran A).

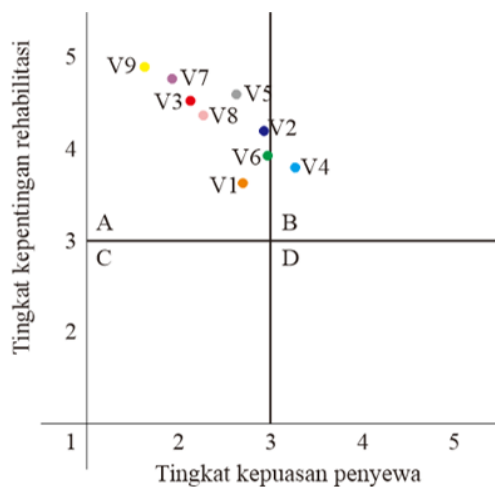
Tabel 2. Frekuensi kepentingan rehabilitasi

Kategori	1		2		3		4		5		Jumlah	
	F	%	F	%	F	%	F	%	F	%	F	%
V1	0	0	0	0	15	50	11	36,67	4	13,33	30	100
V2	0	0	2	6,67	4	13,33	10	33,33	14	46,67	30	100
V3	0	0	0	0	5	16,67	4	13,33	21	70	30	100
V4	0	0	4	13,33	4	13,33	16	53,33	6	20	30	100
V5	0	0	0	0	1	3,33	10	33,33	19	63,33	30	100
V6	0	0	0	0	6	20	20	66,67	4	13,33	30	100
V7	0	0	0	0	0	0	0	23,33	23	76,67	30	100
V8	0	0	0	0	0	0	0	63,33	11	36,67	30	100
V9	0	0	0	0	0	0	0	10	27	90	30	100



Gambar 8. Persentase kepentingan rehabilitasi





Gambar 9. Matriks analisis kuadran antara tingkat kepuasan penyewa dan kepentingan rehabilitasi

Dari analisis kondisi fisik perumahan dan permukiman swadaya berdasarkan kelayakan huni dan persepsi penyewa, arahan konsep rehabilitasi yang disarankan adalah sebagai berikut.

- Bentuk panggung dari rumah swadaya di pesisir Pantai Tanjung Bayang Kota Makassar ini tetap dipertahankan keunikannya yang tradisional. Sistem struktur dan konstruksi harus mengikuti syarat struktur untuk pondasi, tiang dan atap dengan penguatan yang sesuai.
- Material konstruksi menggunakan material lokal yang dapat dikerjakan oleh masyarakat setempat sehingga keterbukaan lapangan kerja seperti atap ijuk, bambu, sirap dan lainnya. Penggunaan material tersebut juga memperkuat kearifan lokal yang mendukung keberadaan rumah panggung swadaya sebagai penunjang wisata.
- Peruntukan ruang untuk penyewa adalah bagian panggung dari hunian. Perlu disediakan ruang tidur minimal 2 (dua) buah sesuai gender dengan pintu tersendiri untuk menjaga privasi. Penempatan kamar mandi sebaiknya pada kolong atau di dalam rumah untuk memudahkan penghuni maupun penyewa.
- Perlu pemisahan ruang yang jelas antara pemilik hunian dengan penyewa. Jika saat ini bagian panggung dari rumah diperuntukkan untuk penyewa maka perlu disediakan atau ditambahkan ruang untuk pemilik di bagian

bawah rumah dengan kecukupan luasan yang memenuhi standar sehingga pemilik hunian tidak perlu tinggal berdesakan apalagi harus mengungsi ke rumah lain.

- Pemasangan atau penambahan jendela dan ventilasi dilakukan untuk memenuhi kecukupan cahaya dalam ruang yakni 50 persen dari dinding yang berhadapan dengan ruang terbuka untuk ruang tamu dan minimal 10 persen dari dinding yang berhadapan dengan ruang terbuka untuk ruang tidur.
- Untuk mengurangi panas dari atap diperlukan pemasangan plafon. Jendela atau ventilasi harus dipasang di sisi kanan kiri rumah agar mampu membawa udara alami masuk rumah sehingga menghasilkan cross ventilation yang baik. Selain itu kualitas udara dan suhu ruang juga lebih baik karena dapat menghasilkan kenyamanan termal bagi penghuni. Demikian pula pada bagian loteng (ruang antara atap dan plafon) sebaiknya dipasangkan ventilasi. Penyediaan infrastruktur ini menghindari biaya lebih banyak bila menggunakan Air Condition (AC) dan juga mengurangi biaya listrik. Penempatan pohon-pohon pelindung di sekitar rumah juga sebaiknya dilakukan untuk meningkatkan kualitas angin dan mereduksi kekuatan angin laut.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengolahan data dan analisis yang telah dilakukan diperoleh kesimpulan bahwa kelayakan huni perumahan swadaya di pesisir Pantai Tanjung Bayang masih tergolong rendah, baik dari segi keselamatan bangunan, luasan ruang dan bukaan, serta kelengkapan sarana dan prasarannya, seperti pemasangan jaringan listrik, ketersediaan air bersih, sarana drainase, sistem pembuangan sampah, dan sistem pembuangan air limbah tidak memenuhi standar kelayakan huni dan kelayakan kunjungan. Untuk itu dibutuhkan rehabilitasi secara komprehensif berdasarkan standar kelayakan huni dengan mempertimbangkan kondisi iklim dan fungsi perumahan sebagai penunjang aktivitas wisata di kawasan ini.



Ucapan Terima Kasih

Penelitian ini dapat dilaksanakan dengan baik berkat bantuan dari berbagai pihak. Untuk itu peneliti mengucapkan terima kasih kepada Bapak Prof. Dr. Ir. Slamet Tri Sutomo, MS, Bapak Prof. Dr. Ir. Victor Sampe'bulu, M.Eng dan Bapak Dr. Eng. Mukti Ali, ST., MT atas bantuan dan bimbingannya selama ini. Terima kasih juga kepada masyarakat dan pengelola LPM Tanjung Bayang serta semua pihak yang telah banyak memberikan bantuan dalam penyelesaian penelitian ini.

Referensi

- [1] Undang-Undang No. 1 Tahun 2011 pasal 21 tentang Perumahan dan Kawasan Permukiman.
- [2] Wunas, S., Mushar, P., Layak Huni dan Layak Wisata Pantai, Studi Kasus: Pantai Botutonuo, Propinsi Gorontalo: Prosiding Temu Ilmiah IPLBI 2015. Fakultas Teknik. Universitas Hasanuddin, 2015.
- [3] Tutuko, P., Permukiman Rumah Produktif dan Perkembangannya. Group Konservasi Arsitektur Kota, Jurusan Teknik Arsitektur, Universitas Merdeka, Malang, Edisi 1, 2008.
- [4] Peraturan Menteri Negara Perumahan Rakyat Republik Indonesia Nomor 22/Permen/M/2008 tentang Standar Pelayanan Minimal Bidang Perumahan Rakyat Daerah Propinsi dan Daerah Kabupaten/Kota.
- [5] Puslitbang Permukiman, Penyusunan Konsep Pedoman Perencanaan dan Perancangan Kenyamanan Gerak dan Termal Bangunan Hunian. Unpublished Final Report. Bandung: Puslitbang Permukiman, 2011.
- [6] Istiqoma, S. H., Hanas, C. W., Penyehatan Pemukiman (Rumah Sehat). Heru Subaris Kasjono (ed.). Yogyakarta. Gosyen Publishing. 2011.
- [7] Simbolon, H., dan Nasution, I. N., Desain Rumah Tinggal yang Ramah Lingkungan untuk Iklim Tropis. Jurnal Education Building, Vol. 3, 2017.
- [8] Lechner, N., Heating, Cooling, Lighting: Metode Desain untuk Arsitektur. (Terjemahan Siti Handjarinto). Jakarta: PT. Rajagrafindo Persada, 2007.
- [9] Asriany, S., Tayeb, M. M., Ridwan, Model Rumah Representatif Bagi Nelayan Tradisional di Wilayah Pesisir Pantai Hutan Bakau (Mangrove) Halmahera Barat, Maluku utara, Temu Ilmiah IPLBI, 2014.
- [10] Karyono, T. H., Arsitektur dan Kota Tropis Dunia Ketiga, Suatu Bahasan Tentang Indonesia. Jakarta: PT. Rajagrafindo Persada, 2013.
- [11] Heinz, F., Mulyani, T. H., Seri Eko-Arsitektur 2, Arsitektur Ekologis, Konsep arsitektur ekologis di iklim tropis, penghijauan kota dan kota ekologis, serta energy terbarukan. Kanisius Soegijapranata University Press Jasuda, 2006.
- [12] Van Lengen Johan, The Barefoot Architect. A Handbook for Green Building. Shelter Publications. Bolinas, California. USA, 2007.
- [13] Sastrawati, I. (2009). Pengembangan Rumah Panggung Swadaya Tahan Bencana melalui Pemberdayaan Masyarakat di Kawasan Pesisir Sulawesi Selatan. Penelitian hibah kompetitif sesuai prioritas nasional (hibah penelitian strategi nasional).
- [14] Sugiyono, Metode Penelitian Kuantitatif Kualitatif & R & D, Afabeta Bandung, 2011.



Penentuan Laba Pemindahan Material Tanah Penutup untuk Keseimbangan Biaya Pemindahan Material Lumpur dengan Metode *Break Even Point*

(Studi Kasus: Pit 5B21, Tambang Batubara PT. Cipta Kridatama Site Trisensa Mineral Utama, Kalimantan Timur)

Heicke Gloria Hitipeuw^{1*}, Aryanti Virtanti Anas¹, Rini Novrianti Sutardjo Tui¹

¹Departemen Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin
Jl. Poros Malino km. 6, Bontomarannu, Kabupaten Gowa, Sulawesi Selatan 92171

*Email: heickegloria22@gmail.com

DOI: 10.25042/jpe.112018.10

Abstrak

PT. Cipta Kridatama merupakan anak perusahaan dari PT. ABM Investama Tbk yang bergerak sebagai perusahaan kontraktor pertambangan pada area IUPOP (Izin Usaha Penambangan Operasi Produksi) milik PT. Trisensa Mineral Utama. PT. Cipta Kridatama melakukan aktivitas pengupasan lapisan tanah penutup pada luas wilayah ± 3.414 ha. Proses kegiatan pengupasan tanah penutup sering kali terjadi ketidaksesuaian hasil produksi aktual di lapangan dengan target yang direncanakan. Salah satu kendala yaitu material lumpur yang menutupi *seam* target dari Pit 5B21. Produksi perusahaan pada bulan Desember yang direncanakan yaitu sebesar 895.000 BCM. Masalah pemindahan material lumpur menyebabkan produksi aktual tanah penutup pada bulan Desember hanya sebesar 845.262 BCM dan tidak sesuai yang direncanakan oleh perusahaan. *Fleet* pemindahan material lumpur (*mud*) pada Pit 5B21 terdiri dari 1 (satu) unit *excavator* tipe 349DL, 8 (delapan) unit *Off Highway Truck* tipe 773, 1 (satu) unit *bulldozer* tipe D9R, dan 1 (satu) unit *grader* tipe 14M. Tujuan penelitian ini adalah menghitung biaya pemindahan lumpur dan volume tanah penutup yang harus dikupas agar memperoleh laba untuk menutupi biaya pemindahan lumpur tersebut. Analisis titik impas adalah solusi alternatif yang dapat digunakan untuk mengetahui laba yang diperoleh dari pemindahan material tanah penutup yang dapat menutupi biaya pemindahan material lumpur. Data yang digunakan dalam penelitian ini yaitu data biaya bahan bakar, biaya operasi dan biaya kepemilikan bulan Desember 2017. Hasil analisis menunjukkan bahwa volume tanah penutup yang dapat menghasilkan pendapatan untuk keseimbangan biaya pemindahan lumpur sebesar US\$ 47,109 adalah 238.130 BCM.

Abstract

Determination of Profit of Overburden Material Transfer for the Equilibrium Cost of Moving Sludge Material using the Break Even Point Method (Case Study: Pit 5B21, PT. Cipta Kridatama Main Mineral Trisensa Site, East Kalimantan). PT. Cipta Kridatama is a subsidiary of PT. ABM Investama Tbk which operates as mining contractor company in IUPOP (Mining Operation Permit for Production) area owned by PT. Trisensa Mineral Utama. PT. Cipta Kridatama carried out overburden stripping activities on an area of $\pm 3,414$ ha. Actual result of production of the overburden stripping often did not reach planned production targets. One of obstacles was mud material that covered target seam from Pit 5B21. The company's production in December was planned at 895.000 BCM. Problem of removing mud material caused actual production of overburden in December to was only 845.262 BCM and it was not the planned production target by the company. Fleet removal of mud material in Pit 5B21 consists of 1 (one) unit of type 349DL excavator, 8 (eight) units of 773 Off Highway Truck type, 1 (one) D9R type bulldozer unit, and 1 (one) type 14M unit grader. The objectives of this study were to calculate cost of mud removal and minimum volume of overburden that to be stripped in order to obtain profit to cover the cost of removing the mud. Break-even analysis was an alternative solution that to be used in planning profits. This analysis was one of analysis techniques that which explained relationship between total cost, expected profit and sales volume. This analysis was carried out to calculate profit obtained from the removal of overburden material, which could cover the cost of removing mud material. Data used in this study were data on fuel costs, operating costs and owning costs in December 2017. Results of the analysis showed that the volume of overburden that could generate income which equal to the cost of mud removal of US \$47,109 was 238.130 BCM.

Kata Kunci: Analisis titik impas, biaya variabel, biaya tetap, laba, material lumpur



1. Pendahuluan

PT. Cipta Kridatama merupakan anak perusahaan dari PT. ABM Investama Tbk yang bergerak sebagai perusahaan kontraktor pertambangan pada area IUPOP (Izin Usaha Penambangan Operasi Produksi) milik PT. Trisensa Mineral Utama. Perusahaan ini terletak di Kelurahan Batuah, Kecamatan Loa Janan, Kabupaten Kutai Kartanegara, Kalimantan Timur, Indonesia. PT. Cipta Kridatama melakukan aktivitas penambangan lapisan tanah penutup (tanah penutup) pada luas wilayah \pm 3.414 ha. Daerah tersebut dibagi menjadi tiga *pit* yang aktif berproduksi, yaitu *Pit* 5B21, *Pit* B3KL, dan *Pit* B4D [1].

Pada kegiatan penambangan batubara utamanya pada proses kegiatan pengupasan tanah penutup sering sekali terjadi ketidaksesuaian hasil produksi aktual di lapangan dengan target yang sudah direncanakan. Ketidaksesuaian yang terjadi akan menjadi masalah pada pencapaian target produksi tanah penutup dan batubara. Salah satu masalah yang menjadi kendala pencapaian target bagi PT. Cipta Kridatama *Site* TMU yaitu terdapat material lumpur (*mud*) yang menutupi *main seam* dari *Pit* 5B21 yaitu *seam* 23 dan *seam* 21. Hal ini menyebabkan produksi tanah penutup berkurang karena unit produksi dialokasikan untuk melakukan pemindahan material lumpur agar perusahaan dapat mengambil batubara pada *seam* yang ditutupi oleh material lumpur tersebut.

Produksi perusahaan pada bulan Desember 2017 direncanakan sebesar 895.000 BCM. Pemindahan material lumpur menyebabkan produksi aktual tanah penutup hanya mencapai 845.262 BCM. Produksi tersebut tidak sesuai dengan yang telah direncanakan oleh perusahaan. Pemindahan material lumpur menyebabkan penambahan biaya operasi karena kapasitas pengangkutan material lumpur yang lebih sedikit daripada material tanah penutup. Biaya untuk pemindahan material lumpur tidak dihitung sebagai pendapatan (*revenue*) bagi perusahaan karena tidak termasuk material tanah penutup. Hal ini menyebabkan perusahaan tidak memperoleh laba dari kegiatan pemindahan material lumpur tersebut.

Tujuan dari suatu perusahaan adalah untuk memperoleh laba yang maksimal. Pencapaian laba tersebut dapat terealisasi apabila perusahaan juga melakukan perencanaan terhadap target volume penjualan. Perencanaan laba yang optimal memerlukan rencana yang matang untuk mencapai target yang diharapkan. Analisis *break-even point* merupakan salah satu metode yang dapat digunakan dalam merencanakan laba [2].

Analisis *break-even point* (analisis titik impas) merupakan salah satu teknik analisis yang menjelaskan hubungan antara keseluruhan biaya total, laba yang diharapkan dan volume penjualan. Melalui *break-even point*, perusahaan dapat dengan mudah menentukan volume yang dibutuhkan untuk mencapai tingkat laba yang diinginkan [3]. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk menghitung volume tanah penutup menggunakan analisis *break-even point* untuk mendapatkan laba yang dapat menutupi biaya pemindahan lumpur.

Tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah menghitung biaya pemindahan material lumpur dan menghitung volume tanah penutup yang harus dikupas agar memperoleh laba untuk menutupi biaya pemindahan material lumpur tersebut menggunakan metode *break even point*.

2. Metode Penelitian

Pengolahan dan analisis data pada penelitian ini menggunakan metode *break even point*. Metode tersebut merupakan suatu metode yang digunakan untuk mengukur profitabilitas perusahaan. *Break even point* merupakan suatu kondisi yang menunjukkan dimana perusahaan tidak mengalami laba maupun juga tidak menderita kerugian. Titik impas digunakan untuk menentukan tingkat penjualan yang diperlukan hanya untuk menutup semua biaya yang terjadi selama periode tersebut. Pengolahan data yang dilakukan dalam penelitian ini adalah:

- Menghitung produksi material lumpur
Perhitungan produksi material lumpur menggunakan data ritasi dan kapasitas (*Highway Truck*). Produksi dihitung menggunakan Persamaan 1 dengan bantuan perangkat lunak *Microsoft Excel*.



$$\text{Produksi} = \text{Ritasi} \times \text{Kapasitas} \quad (1)$$

- Menghitung biaya pemindahan material lumpur

Perhitungan biaya pemindahan material lumpur terdiri dari biaya unit. Total biaya pemindahan material lumpur merupakan tabulasi dari total biaya unit yang digunakan. Unit tersebut yaitu unit produksi dan unit *support*. Unit produksi meliputi unit *excavator* atau unit pemuatan dan unit *hauler* atau unit pengangkutan. Unit *support* meliputi unit *dozer* dan unit *grader*. Perhitungan total biaya dari unit yang digunakan terdiri dari biaya bahan bakar (*fuel cost*), biaya kepemilikan alat (*owning cost*), biaya rental (*rental cost*), dan biaya operasi (*operating cost*).

Perhitungan biaya unit *excavator* meliputi biaya bahan bakar dan biaya rental. Data yang diperlukan untuk melakukan perhitungan biaya ini yaitu data *fuel index*, jam kerja unit *excavator*, harga konsumsi bahan bakar sebesar \$ 0.6 per liter, dan rental *rate*. Biaya rental merupakan biaya variabel dan biaya bahan bakar merupakan biaya tetap. Perhitungan biaya bahan bakar dan biaya sewa menggunakan Persamaan 2 dan 3.

$$\text{Fuel cost} = \text{Fuel index} \times \text{Jam kerja unit} \times \text{Harga biaya bahan bakar} \quad (2)$$

$$\text{Rental cost} = \text{Rental rate} \times \text{Jam kerja} \quad (3)$$

Perhitungan biaya unit *hauler* meliputi biaya bahan bakar, biaya depresiasi atau kepemilikan, dan biaya operasi (*cost per hour*). Unit *hauler* yang digunakan untuk pemindahan material lumpur yaitu delapan unit tipe OHT 773. Data yang diperlukan untuk menghitung biaya unit *hauler* yaitu *fuel index*, harga bahan bakar, jam kerja unit *hauler*, *cost per hour*, dan depresiasi *rate*. Biaya bahan bakar dan biaya operasi merupakan biaya tetap sedangkan biaya kepemilikan (*owning cost*) merupakan biaya variabel. Perhitungan biaya kepemilikan dan biaya operasi menggunakan Persamaan 4 dan 5.

$$\text{Owning cost} = \text{Depresiasi rate} \times \text{Jam kerja unit} \quad (4)$$

$$\text{Operating cost} = \text{Cost per hour (CPH)} \times \text{Jam kerja unit} \quad (5)$$

Unit *support* yang digunakan untuk pemindahan material lumpur yaitu unit *dozer* dan unit *grader*. Data yang digunakan untuk menghitung unit *support* sama dengan perhitungan unit *hauler*. Biaya kepemilikan merupakan biaya variabel, sedangkan biaya bahan bakar dan biaya operasi merupakan biaya tetap.

- Menghitung biaya standar

Perhitungan biaya standar merupakan acuan untuk perencanaan produksi. Data yang diperlukan untuk menghitung biaya standar yaitu perencanaan *fleet* yang akan digunakan untuk memproduksi tanah penutup pada perusahaan. Perhitungan dilakukan dengan menghitung biaya bahan bakar, biaya kepemilikan dan biaya operasi dari tiap unit yang dilakukan selama 1 jam.

- Menghitung volume tanah penutup

Perhitungan volume tanah penutup merupakan produksi yang digali sehingga menghasilkan pendapatan bagi perusahaan. Perhitungan produksi menggunakan Persamaan 6.

$$\text{Produksi} = \text{Produktivitas} \times \text{Jam kerja} \quad (6)$$

Data yang diperlukan untuk menghitung volume tanah penutup meliputi produktivitas unit *excavator* dan jam kerja unit. Sebelum menentukan volume tanah penutup terlebih dahulu harus menentukan jam kerja unit *excavator* tersebut. Data yang diperlukan untuk menghitung jam kerja dari unit yang melakukan pemindahan tanah penutup meliputi produktivitas unit, produksi dalam satu jam, harga kontrak, *revenue* atau pendapatan, total biaya pemindahan tanah penutup dalam satu jam, serta laba pemindahan material tanah penutup dalam satu jam. Perhitungan dilakukan menggunakan Persamaan 7.

$$\text{Pendapatan (revenue)} = \text{Produksi} \times \text{Harga kontrak} \quad (7)$$

Setelah mendapat hasil perhitungan pendapatan, maka dihitung laba yang diperoleh perusahaan pada saat melakukan pemindahan dengan Persamaan 8.

$$\text{Laba} = \text{Pendapatan} - \text{Total biaya pemindahan} \quad (8)$$

Hasil laba yang diperoleh diakumulasi dengan total biaya pemindahan lumpur agar dapat



menentukan jam kerja unit yang melakukan pemindahan material tanah penutup. Perhitungan yang dilakukan dapat menggunakan Persamaan 9.

$$\text{Jam Kerja} = \frac{\text{Total Pemindahan Material Lumpur}}{\text{Profit/Laba}} \quad (9)$$

Perhitungan titik impas dapat dilakukan dengan menggunakan dua cara, yaitu dengan menggunakan metode persamaan atau teknik aljabar dan menggunakan teknik grafik [3].

Perhitungan yang menggunakan teknik aljabar terbagi atas dua metode, yaitu:

1. Metode Persamaan

Melalui cara ini titik impas diperoleh dengan menentukan laba sama dengan nol, sehingga dapat dilihat pada Persamaan 10 [4].

$$Z = vp - (c_f + vc_v) \quad (10)$$

dimana:

- Z = Laba (Rp)
- v = Volume produksi (unit)
- p = Harga per unit (Rp/unit)
- vp = Total pendapatan (Rp)
- c_f = Biaya tetap (Rp)
- vc_v = Total biaya variabel (Rp)
- c_v = Biaya variabel per unit (Rp/unit)

Seperti diketahui bahwa dalam titik impas laba sama dengan nol, maka dapat dilihat pada Persamaan 11 [4].

$$vp - c_f - vc_v \quad (11)$$

Dari Persamaan 11 volume impas (v_i) atau *break even point* dapat ditentukan dengan menggunakan Persamaan 12 dan 13 [4].

$$v_i p - vc_v = c_f$$

$$v_i (p - c_v) = c_f$$

$$\text{BEP(Unit)} = v_i = \frac{c_f}{(p - c_v)} \quad (12)$$

$$\text{BEP(Rp)} = v_i = \frac{c_f}{\left(1 - \frac{c_v}{p}\right)} \quad (13)$$

2. Metode *contribution margin*

Titik impas juga dapat dihitung dengan menggunakan teknik *contribution margin* atau

marginal income selain dengan menggunakan metode persamaan seperti pada Persamaan 14 dan 15 [4].

$$\text{Margin kontribusi} = \text{total pendapatan} - \text{total biaya variabel} \quad (14)$$

$$\text{Rasio kontribusi} = \frac{\text{cotribution margin}}{\text{total pendapatan}} \quad (15)$$

Sehingga titik impas juga dapat dihitung dengan Persamaan 16 dan 17 [4] sebagai berikut:

$$\text{BEP (Unit)} = \frac{\text{biaya tetap}}{\text{margin kontribusi per unit}} \quad (16)$$

$$\text{BEP (Rp)} = \frac{\text{biaya tetap}}{\text{rasio margin kontribusi}} \quad (17)$$

3. Hasil Penelitian

3.1. Produksi Material Lumpur

Perhitungan produksi material lumpur (*mud*) merupakan hasil akumulasi ritasi dari unit produksi (*hauler*) dan kapasitas *vessel* untuk mengangkut material lumpur. Pengangkutan material lumpur pada *Pit 5B21* menggunakan *Off Highway Truck (OHT)* tipe 773 yang menggunakan *tailgate*. Kapasitas *vessel* untuk mengangkut material tersebut sebesar 12 ton.

Perhitungan produksi material lumpur dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Produksi material lumpur (*mud*) pada *Pit 5B21*

ID Unit	Ritasi	Kapasitas (Ton)	Produksi (Ton)
CO2053	3	12	36
CO2062	85	12	1.020
CO2069	27	12	324
CO2093	116	12	1.392
CO2165	84	12	1.008
CO2172	382	12	4.584
CO2197	436	12	5.232
CO2332	8	12	96
Total	1.141		13.692

Hasil produksi yang diperoleh dari perhitungan yang tertera pada Tabel 1 yaitu 13.692 ton. Ritasi dari tiap unit berbeda-beda



tetapi kapasitas dari unit tersebut sama yaitu 12 ton.

3.2. Biaya Pemandahan Material Lumpur

PT. Cipta Kridatama membagi biaya penggunaan tiap unit alat mekanis (*unit cost*) atas dua jenis sesuai dengan *performance handbook Catterpillar*, yaitu biaya kepemilikan (*owning cost*) dan biaya operasi (*operating cost*). Biaya kepemilikan merupakan biaya atas kepemilikan unit. Biaya tersebut akan tetap dikeluarkan tiap periode waktu tertentu tanpa mempertimbangkan digunakan atau tidak digunakannya suatu unit. Biaya kepemilikan terdiri atas depresiasi, bunga, asuransi, dan pajak atas kepemilikan unit. Biaya operasi merupakan biaya akibat beroperasinya suatu unit, terdiri atas biaya perawatan unit, biaya pergantian ban (*tires* atau *undercarriage*), biaya perbaikan, penggunaan item-item tertentu misalnya kuku *bucket* dan sebagainya, serta upah operator unit.

Fleet pemandahan material lumpur (*mud*) pada Pit 5B21 terdiri dari satu unit *excavator* tipe 349DL, delapan unit *Off Highway Truck* tipe 773, satu unit *bulldozer* tipe D9R, dan satu unit *grader* tipe 14M. Jarak pengangkutan material *mud* ke *disposal* yaitu 1.800 m. Perhitungan biaya pemandahan material lumpur dilakukan dengan mengakumulasi biaya dari unit produksi yang

terdiri dari unit *excavator* dan unit *hauler* serta unit *support* yang terdiri dari unit *bulldozer* dan unit *grader*.

- Biaya Unit Produksi

Alat muat yang digunakan pada *fleet* ini yaitu tipe 349DL (50 ton) dengan kode unit XCE3007. Unit yang digunakan merupakan unit sewa. Berdasarkan jam kerja dari unit tersebut maka dapat dihitung total biaya pemuatan dari unit tersebut. Perhitungan total biaya unit *excavator* terdiri dari biaya bahan bakar dan biaya sewa. Total biaya unit *excavator* merupakan hasil tabulasi dari biaya bahan bakar dan biaya sewa dan lumpur dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Total biaya unit *excavator*

Type	ID Unit	Fuel Cost (US\$)	Rent Cost (US\$)	Total cost (US\$)
349DL	XCE3007	3,235	6,035	9,270

Alat angkut yang digunakan pada pemandahan material lumpur ini sebanyak delapan unit OHT (*Off Highway Truck*) tipe 773. Perhitungan biaya untuk unit *hauler* yaitu dengan mengakumulasi biaya konsumsi bahan bakar yang digunakan dari unit, biaya kepemilikan, dan biaya operasi dan dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Total biaya unit pengangkutan

Type	ID Unit	Operating Cost (US\$)	Owning Cost (US\$)	Fuel Cost (US\$)	Total Cost (US\$)
773E	CO2053	35.96	46.83	5.35	88.14
773E	CO2062	635.28	827.35	138.97	1,601.59
773E	CO2069	256.51	334.06	17.85	608.42
773E	CO2093	831.86	1,083.36	175.72	2,090.93
773E	CO2165	489.04	636.90	93.51	1,219.46
773D	CO2172	2,622.62	3,328.51	548.75	6,499.88
773D	CO2197	2,797.62	3,550.61	599.37	6,947.60
773E	CO2332	38.36	49.95	15.28	103.59
Total		7,707.25	9,857.57	1,594.80	19,160

Hasil perhitungan biaya unit pengangkutan diperoleh dari akumulasi dari biaya operasi, biaya kepemilikan dan biaya bahan bakar. Hasil perhitungan dari unit yang digunakan memperoleh nilai biaya operasi sebesar US\$7,707.25, biaya

kepemilikan dari proses pengangkutan sebesar US\$ 9,857.57, dan biaya bahan bakar sebesar US\$ 1,594.80. Total biaya pengangkutan yang diperoleh yaitu sebesar US\$ 19,160.



- Biaya Unit Support

Unit support yang digunakan pada fleet ini yaitu bulldozer dan grader. Perhitungan jam kerja dari unit support yaitu 80% dari jam kerja main equipment. Bulldozer yang digunakan untuk

memperbaiki loading front material lumpur yaitu bulldozer tipe D9R. Grader yang digunakan untuk merawat jalan angkut adalah tipe 14M. Perhitungan biaya unit support dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Biaya unit support

Tipe	ID Unit	Work Hour (jam)	Fuel Cost (US\$)	Owning Cost (US\$)	Operating Cost (US\$)	Total Cost (US\$)
D9R	CD3143	101,68	2,588	1,729	6,915	11,232
14M	CG2058	101,68	1,459	1,586	4,402	7,447

Perhitungan total biaya unit support dari dozer dan grader pada Tabel 4 yang digunakan pada fleet diperoleh sebesar US\$ 11,232 untuk dozer dan US\$ 7,447 untuk grader. Berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan menunjukkan total biaya pemindahan material lumpur pada Pit 5B21 yaitu sebesar US\$ 47,109. Biaya tersebut merupakan hasil akumulasi dari total biaya unit excavator, unit off highway truck, bulldozer, dan grader. Biaya pemindahan material lumpur yang dikerjakan oleh PT. Cipta Kridatama Site TMU merupakan biaya yang tidak menghasilkan pendapatan bagi perusahaan karena material lumpur tidak dihitung sebagai material tanah penutup.

3.3. Biaya Standar

Biaya standar merupakan biaya yang ditetapkan oleh perusahaan untuk menjadi acuan dalam melakukan suatu perencanaan produksi. Fleet yang digunakan untuk melakukan produksi tanah penutup yaitu satu unit excavator tipe 390DL (90 ton), enam unit off highway truck tipe 773, satu unit bulldozer tipe D9R, dan satu unit grader tipe 14M. Fleet ini direncanakan untuk melakukan pengupasan tanah penutup yang dapat menghasilkan pendapatan serta laba untuk menutupi biaya pemindahan material lumpur. Perhitungan biaya standar pada fleet tersebut dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Biaya standar pemindahan material tanah penutup

Equipment	Tipe	ID Unit	Work Hour (jam)	Fuel Cost (US\$)	Operating cost (US\$)	Owning Cost (US\$)	Total Cost (US\$)
Excavator	390DL	CE4165	1	40.6	56.7	26.8	124
	773E	CO2053	1	24	31.2	3.6	59
	773E	CO2069	1	24	31.2	1.7	56
Hauler	773E	CO2093	1	24	31.2	5.1	60
	773E	CO2165	1	24	31.2	4.6	60
	773D	CO2197	1	24	30.4	5.1	60
	773E	CO2332	1	24	31.2	9.6	65
Dozer	D9R	CD3143	0,8	20.4	54.4	13.6	88
Grader	14M	CG2058	0,8	11.5	34.6	12.5	59
Total				216.2	332.2	82.6	631

Berdasarkan hasil perhitungan biaya standar untuk fleet tersebut maka diperoleh total biaya per jam untuk pemindahan material tanah penutup sebesar US\$ 631 (Tabel 5).

3.4. Biaya Tanah Penutup

Pemindahan material lumpur tidak menghasilkan revenue atau pendapatan bagi perusahaan. Hal ini disebabkan karena material lumpur tidak termasuk sebagai material tanah



penutup yang akan dibayar oleh pihak *owner*. Pendapatan adalah hasil dari produksi material tanah penutup diakumulasi dengan harga kontrak (*rate*) dengan nilai US\$ 1.7/BCM. Diasumsikan jika dilakukan pemindahan material tanah penutup dalam satu jam, maka produksi yang diperoleh jika diketahui produktivitas sebesar 420 BCM/jam dengan menggunakan Persamaan 6:

$$\begin{aligned} \text{Produksi} &= \text{Produktivitas} \times \text{Jam kerja} \\ &= 420 \text{ BCM/jam} \times 1 \text{ jam} \\ &= 420 \text{ BCM} \end{aligned}$$

Hasil perhitungan produksi sebesar 420 BCM sehingga pendapatan perusahaan selama satu jam dalam melakukan pemindahan tanah penutup adalah dengan menggunakan Persamaan 7:

$$\begin{aligned} \text{Pendapatan} &= \text{Produksi} \times \text{Harga kontrak} \\ &= 420 \text{ BCM} \times \text{US\$ } 1.7/\text{BCM} \\ &= \text{US\$ } 714 \end{aligned}$$

Pendapatan yang diperoleh oleh perusahaan saat melakukan pemindahan tanah penutup selama 1 jam adalah sebesar US\$ 714. Perhitungan laba dari pemindahan lumpur selama satu jam menggunakan Persamaan 8. Persamaan tersebut terdiri dari pendapatan dan total biaya pemindahan. Total biaya pemindahan yang merupakan total biaya pemindahan standar dapat dilihat pada Tabel 5.

$$\begin{aligned} \text{Laba} &= \text{Pendapatan} - \text{Total biaya pemindahan} \\ &= \text{US\$ } 714 - \text{US\$ } 631 \\ &= \text{US\$ } 83 \end{aligned}$$

Laba yang dihasilkan jika melakukan pemindahan material tanah penutup selama satu jam yaitu sebesar US\$ 83/jam. Perhitungan jam kerja unit produksi menggunakan Persamaan 9 yang terdiri dari total biaya pemindahan lumpur dan laba selama satu jam, sehingga diperoleh total biaya pemindahan lumpur sebesar US\$47.109.

$$\begin{aligned} \text{Jam kerja} &= \frac{\text{Total pemindahan material lumpur}}{\text{profit / laba}} \\ &= \frac{\text{US\$ } 47,109}{\text{US\$ } 83/\text{jam}} \\ &= 566,98 \text{ jam} \end{aligned}$$

Jam kerja unit yang diperoleh untuk melakukan pemindahan material tanah penutup yaitu 566,98 jam. Jika diketahui produktivitas dan jam kerja, maka dapat dihitung volume yang harus diekskavasi. Perhitungan menggunakan Persamaan 6:

$$\begin{aligned} \text{Produksi} &= \text{Produktivitas} \times \text{Jam kerja} \\ &= 420 \text{ BCM/jam} \times 566,98 \text{ jam} \\ &= 238.130 \text{ BCM} \end{aligned}$$

Perhitungan biaya pemindahan dilakukan agar dapat menentukan laba dari pemindahan material tanah penutup tersebut. Perhitungan dilakukan pada *fleet* pemindahan material tanah penutup yang terdiri dari satu unit *excavator* tipe 390DL, enam unit *off highway truck* tipe 773, satu unit *bulldozer* tipe D9R, dan satu unit *grader* tipe 14M. Perhitungan biaya pemindahan material tanah penutup dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Biaya pemindahan material tanah penutup

<i>Equipment</i>	<i>Type</i>	<i>ID Unit</i>	<i>Fuel Cost (US\$)</i>	<i>Operating Cost (US\$)</i>	<i>Owning Cost (US\$)</i>	<i>Total Cost (US\$)</i>
<i>Excavator</i>	390DL	CE4165	22,997	32,119	15,206	70,322
	773E	CO2053	13,592	17,701	2,021	33,314
	773E	CO2069	13,592	17,701	946	32,239
<i>Hauler</i>	773E	CO2093	13,592	17,701	2,871	34,165
	773E	CO2165	13,592	17,701	2,599	33,892
	773D	CO2197	13,592	17,250	2,912	33,754
	773E	CO2332	13,592	17,701	5,416	36,709
<i>Dozer</i>	D9R	CD3143	11,538	30,848	7,711	50,097
<i>Grader</i>	14M	CG2058	6,508	19,636	7,076	33,219
Total						357,712



Total biaya pemindahan material tanah penutup dengan volume sebesar 238.130 BCM adalah US\$ 357,712. Perhitungan laba yang akan diperoleh dari kegiatan pemindahan material tanah penutup maka terlebih dahulu ditentukan pendapatan yang diperoleh dari volume tanah penutup tersebut. Perhitungan pendapatan yang menggunakan Persamaan 7:

$$\begin{aligned} \text{Pendapatan} &= \text{Produksi} \times \text{Harga kontrak} \\ &= 238,130 \text{ BCM} \times \text{US\$ } 1,7/\text{BCM} \\ &= \text{US\$ } 404,821 \end{aligned}$$

Pendapatan yang diperoleh perusahaan dari pemindahan material tanah penutup sebesar 238,130 BCM yaitu US\$ 404,821. Jika diketahui total biaya pemindahannya maka dapat ditentukan laba dari kegiatan tersebut menggunakan Persamaan 8.

$$\begin{aligned} \text{Laba} &= \text{Pendapatan} - \text{Total biaya pemindahan} \\ &= \text{US\$ } 404,821 - \text{US\$ } 357,712 \\ &= \text{US\$ } 47,109 \end{aligned}$$

Laba yang diperoleh perusahaan yaitu sebesar US\$ 47,109.

3.5. Analisis Break Even Point

Data yang dibutuhkan untuk menganalisis dengan metode *break even point* adalah biaya variabel, biaya tetap, volume produksi tanah penutup, harga kontrak, total pendapatan.

Dari pengolahan data yang telah dilakukan diketahui:

$$\begin{aligned} \text{Volume produksi (v}_i) &= 238.130 \text{ ton} \\ \text{Harga per unit (p)} &= \text{US\$ } 1,7/\text{ton} \\ \text{Total pendapatan (vp)} &= \text{US\$ } 404,821 \\ \text{Total biaya tetap (c}_f) &= \text{US\$ } 46,757 \\ \text{Total biaya variabel (vc}_v) &= \text{US\$ } 310,955 \\ \text{Biaya variabel per unit (c}_v) &= \frac{vc_v}{v} \\ &= \frac{\text{US\$ } 310,955}{238.130 \text{ ton}} \\ &= \text{US\$ } 1,31/\text{ton} \end{aligned}$$

Perhitungan *Break Even Point* untuk biaya tetap aktual diperoleh dengan menggunakan persamaan.

$$\begin{aligned} \text{BEP (unit)} &= \frac{c_f}{(p-c_v)} \\ &= \frac{\text{US\$ } 46,757}{(\text{US\$ } 1,7/\text{ton} - \text{US\$ } 1,31/\text{ton})} \\ &= 118.619 \text{ ton} \end{aligned}$$

atau

$$\begin{aligned} \text{BEP (US\$)} &= \frac{c_f}{\left(1 - \frac{c_v}{p}\right)} \\ &= \frac{\text{US\$ } 46,757}{1 - \frac{\text{US\$ } 1,31/\text{ton}}{\text{US\$ } 1,7/\text{ton}}} \\ &= \text{US\$ } 201,653 \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil di atas diketahui bahwa titik impas perusahaan adalah pada jumlah produksi 118.619 ton atau dengan pendapatan sebesar US\$ 201,653. Pada kondisi ini perusahaan tidak memperoleh keuntungan atau laba ($Z=0$) dan tidak mengalami kerugian baik dalam jumlah produksi maupun pendapatan seperti pada Tabel 7.

Tabel 7. Pembuktian *break even point* produksi aktual

Deskripsi	Nilai	Satuan
Produksi (v_i)	118.619	Ton
Biaya variabel per unit (c_v)	1.31	US\$/ton
Harga kontrak (p)	1.7	US\$/ton
Pendapatan ($v_i \times p$)	201,653	US\$
Total biaya variabel ($v_i \times c_v$)	154,896	US\$
Total biaya tetap (c_f)	46,757	US\$
Laba ($Z= v_i p - (c_f + vc_v)$)	0	US\$

Laba yang diperoleh perusahaan untuk produksi 118.619 ton dan pendapatan US\$ 201,653 akan menghasilkan keuntungan sama dengan 0 atau tidak mengalami kerugian. Perusahaan ingin menentukan volume produksi tanah penutup yang dapat menghasilkan laba yang sama dengan biaya pemindahan material lumpur yaitu sebesar US\$ 47,109 agar dapat menutupi biaya pemindahan material lumpur tersebut. Jika diketahui BEP unit produksi tanah penutup sebesar 238.130 ton dan pendapatan sebesar US\$ 404,821 maka dapat dilihat pembuktian *break even point* produksi tanah penutup yang



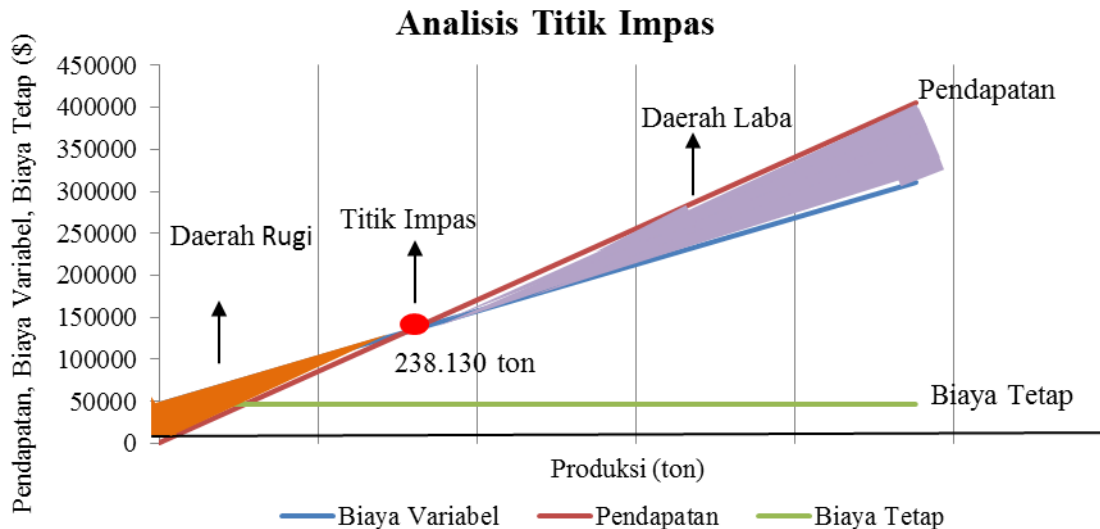
dapat menutupi biaya pemindahan material lumpur seperti pada Tabel 8.

Tabel 8. Pembuktian *break even point* produksi

Deskripsi	Nilai	Satuan
Produksi (v_i)	238.130	Ton
Biaya variabel per unit (c_v)	1.31	US\$/ton
Harga kontrak (p)	1.7	US\$/ton
Pendapatan ($v_i \times p$)	404,821	US\$
Total biaya variabel ($v_i \times c_v$)	310,955	US\$

Deskripsi	Nilai	Satuan
Total biaya tetap (c_f)	46,757	US\$
Laba ($Z = v_i p - (c_f + v_c v_i)$)	47,109	US\$

Titik impas produksi tanah penutup dapat digambarkan pada grafik *break even point* atau grafik analisis titik impas. Penentuan titik impas dilakukan dengan cara menentukan titik perpotongan antara garis biaya variabel dan garis pendapatan yang dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Grafik titik impas produksi tanah penutup

Berdasarkan hasil analisis titik impas diketahui bahwa produksi tanah penutup untuk menghasilkan laba yang dapat menutupi biaya pemindahan material lumpur adalah 238.130 ton seperti pada Gambar 1. Hal ini menunjukkan jika perusahaan melakukan pemindahan material tanah penutup sebanyak 238.130 dengan pendapatan sebesar US\$ 404,821 maka perusahaan dapat menutupi biaya pemindahan material lumpur sebesar US\$ 47,109.

4. Kesimpulan

Berdasarkan analisis yang telah dilakukan, maka kesimpulan yang diperoleh dari penelitian ini adalah total biaya pemindahan material lumpur dengan menggunakan 1 unit *excavator*, 8 unit *off highway truck*, 1 unit *bulldozer*, dan 1 unit *grader* sebesar US\$47,109. Total volume tanah penutup yang dapat menghasilkan pendapatan untuk

kesetimbangan biaya pemindahan lumpur (titik impas) sebesar 238.130 BCM.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada PT Cipta Kridatama khususnya Andi Mangkona (*Operational Director*), Dadang Hermawan (*Project Manager*), Raden Hendry Permana (*Department Head of PPNC*), Ferianto Idrus (*Department Head of Operation*), Dafrianto Darwis (*Department Head of QSHE*), Jefri Rivanto (*Act HCA Officer*) dan Sidiq Faizal, seluruh *Mine Plan Team* dan staf *site* TMU.

Referensi

- [1] Mineplan Team. 2017. PT. Cipta Kridatama TMU Project.
- [2] Andrianto, M. Y., Sudjana, N., Azizah, D. F. 2016. Analisis *Break Even Point* (BEP) Sebagai Alat



- Perencanaan Laba. *Jurnal Administrasi Bisnis*. Vol. 35, No. 2, hal. 30-38.
- [3] Choiriyah, V. U., Dzulkirom, M. A., Hidayat, R. R. 2016. Analisis *Break Even Point* Sebagai Alat Perencanaan Penjualan Pada Tingkat Laba yang Diharapkan. *Jurnal Administrasi Bisnis*. Vol. 35, no. 1, hal. 196-206.
- [4] Taylor, B. W. 2014. *Sains Manajemen*. Edisi ke 11. Salemba Empat, Jakarta Selatan.



Pengaruh Brace terhadap Kekuatan Kaki Struktur Helideck dalam Menahan Beban Pendaratan Darurat Helikopter

Anwar^{1*}, Ganding Sitepu¹, Muhammad Zubair Muis Alie¹

¹Departemen Teknik Perkapalan, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin
Jl. Poros Malino km.6, Bontomarannu, Kabupaten Gowa, Sulawesi Selatan 92171

*Email: anwar.st.07@gmail.com

DOI: 10.25042/jpe.112018.11

Abstrak

Brace dan kaki struktur menjadi perhatian penting dalam merencanakan struktur *helideck*. Penelitian ini bertujuan menghitung kekuatan kaki struktur *helideck* terhadap variasi *brace* dalam menahan beban pendaratan darurat helikopter. Lokasi penelitian dilakukan di laboratorium Struktur Departemen Perkapalan, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin. Data yang digunakan adalah struktur *helideck* FSO Geudondong PT. Pertamina Shipping Indonesia corporation. Perhitungan tegangan dan pemodelan struktur menggunakan *software* SACS, analisis pendaratan darurat helikopter dibagi menjadi tiga arah pendaratan yaitu arah transversal, logitudinal dan arah diagonal. Dalam mencari dimensi kaki yang optimal maka dilakukan pengurangan tebal dan diameter kaki struktur *helideck* sebesar 10%, 20%, 30% dan 40% dengan empat variasi model *brace* yaitu *brace* X, K, N dan Y. Hasil perhitungan tegangan maksimum yang bekerja terjadi pada posisi pendaratan diagonal pada posisi D4 dengan tegangan kerja sebesar 49,86 N/mm² dan nilai IR 0,45. Interaksi rasio (IR) yang terjadi pada kaki struktur pada pengurangan dimensi 40% sebesar (*brace* X = 0,99), (*brace* K = 1,19), (*brace* N = 1,04), (*brace* Y = 1,03). Model *brace* yang paling lemah dalam menahan beban pendaratan darurat helikopter adalah model *brace* K dengan (IR = 1,19) dan model *brace* yang paling kuat adalah *brace* X dengan IR = 0,99.

Abstract

The effect of Brace on the Leg Strength of Helideck Structure to hold the Load of Helicopter's Emergency Landing. Brace and leg structure are important concern in planning a helideck structure. The objective of this study is to calculate the leg strength of helideck structure on brace variations to hold the load of helicopter's emergency landing. The research was conducted in Structure Laboratory of Naval Engineering Department, Faculty of Engineering, Hasanuddin University, using helideck structure data of FSO Geudondong, Pertamina Shipping Indonesia Corporation. Strength analyzing and structure modeling used SACS software. The analysis of helicopter's emergency landings is divided into three landing directions. They are transversal direction, longitudinal and diagonal directions. In searching the optimal leg dimension, we reduce the thickness and diameter of leg's helideck structure by 10%, 20%, 30% and 40% with four variations of the brace model. They are brace X, K, N and Y. The maximum stress calculation result which work in landing diagonal position on D4 position with working stress of 49.86 N / mm² and IR value of 0.45. Interaction ratio (IR) that occurs on the legs of the structure in dimension reduction of 40% by (brace X = 0.99), (brace K = 1.19), (brace N = 1.04), (brace Y = 1.03). The weakest brace model in holding helicopter's emergency landing loads is the K brace model with (IR = 1.19) and the strongest brace model is brace X with IR = 0.99.

Kata Kunci: Kekuatan struktur, pendaratan darurat, variasi brace

1. Pendahuluan

Kegiatan eksplorasi minyak dan gas dilakukan dalam periode waktu yang lama dan biasanya kegiatan ini dilakukan di laut yang dalam serta jauh dari daratan. Untuk memudahkan transportasi *crew/client* serta untuk evakuasi dalam kondisi darurat dan medis diperlukan transportasi yang cepat, nyaman, dan mudah yaitu helikopter. Sehingga anjungan lepas pantai harus

dilengkapi dengan *helideck* untuk proses pendaratan helikopter. Struktur ini harus dirancang sedemikian rupa agar memiliki interaksi yang tepat dengan platform. Selain itu *helideck* dan struktur pendukungnya merupakan elemen penting keselamatan karena perannya dalam proses evakuasi darurat, dan juga selama operasi normal [1].

Platform fixed jacket adalah jenis struktur kolom yang menahan beban aksial dan beban



lateral. Beban aksial umumnya didistribusikan ke semua kaki jaket dalam arah vertikal dan sebaliknya, beban lateral bekerja pada komponen struktural, seperti diagonal dan horizontal *brace*, termasuk elemen jaket [2]. *Helideck* merupakan tempat pendaratan dan lepas landas helikopter pada anjungan bangunan lepas pantai [3]. Anjungan bangunan lepas pantai memiliki fasilitas *helideck* khususnya anjungan yang cukup jauh dari pantai. Ukuran serta dimensi *helideck* pada anjungan lepas pantai sangatlah bervariasi, karena disesuaikan dengan panjang helikopter keseluruhan [4]. Peningkatan struktur *helideck* semakin besar dikarenakan Jumlah struktur anjungan lepas pantai yang meningkat seiring meningkatnya permintaan minyak dan gas [5].

Kekuatan struktur *helideck* menjadi perhatian penting karena kekuatan struktur merupakan kemampuan struktur dalam menahan gaya atau beban yang bekerja [6]. Kekuatan dianalisis berdasarkan beban-beban yang bekerja pada struktur *helideck*, atau berat helikopter, bahan atau material utama struktur *helideck* adalah baja. Untuk mengetahui apakah rancangan struktur *helideck* tersebut aman sesuai dengan kriteria maka perlu kajian kekuatan struktur dengan melakukan perhitungan beban serta simulasi pembebanan dengan menggunakan Metode Elemen Hingga [7].

Dalam merencanakan struktur *helideck* penentuan model *brace* struktur sangatlah penting untuk dilakukan, dimana menurut [8] *brace* memiliki fungsi untuk meningkatkan kekakuan pada kaki struktur *helideck* sehingga struktur tersebut memiliki tingkat kekuatan yang tinggi. Model *brace* memiliki banyak tipe model antara lain *brace* X, K, N, Y, T. Model tersebut masing-masing memiliki bentuk dan karakteristik yang berbeda sehingga model tersebut dapat dipilih sesuai dengan kebutuhan struktur. Tipe *brace* juga mempertimbangkan masalah ekonomi dalam hal ini efektivitas biaya konstruksi *helideck*.

Beban helikopter yang digunakan dalam merancang struktur *helideck* pada anjungan lepas pantai yaitu menggunakan berat maksimum dari helikopter [9]. Dimensi helikopter memiliki ukuran panjang, berat serta diameter baling-baling yang bervariasi sehingga pemilihan tipe helikopter

disesuaikan dengan kebutuhan operasional pada anjungan lepas pantai yang akan dibangun dan dioperasikan.

2. Metode Penelitian

2.1. Data Penelitian

Data struktur yang digunakan adalah model struktur *helideck* FSO Geudondong PT. Pertamina Indonesia dengan data sebagai berikut:

Ukuran utama *helideck*:

1. Struktur : Helideck
2. Tinggi : 17,85 meter
3. Luas pendaratan : 19,5 x 19,5 m

Data Helikopter [10]

1. Nama helikopter : Eurocopter
2. Tipe : EC 225
3. Panjang keseluruhan : 19,50 Meter
4. Berat maksimum : 10,4 ton
5. Diameter Rotor : 16,18 Meter

Data Komponen struktur *helideck* dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Dimensi material struktur helideck

Bagian	Ukuran(mm)	Jenis profil
Kaki struktur	Ø =355 t = 19	Tubular
Brace 1	Ø =168 t = 11	Tubular
Brace 2	Ø =219 t = 15	Tubular
a. Gelagar geladak	WF 400x10x15x10	Wide Flange
Girder	L 160x100x12	L
Pelat	12	

Beban helikopter yang digunakan adalah berat maksimum dari helikopter, dalam perhitungan beban pendaratan darurat helikopter menurut [4] adalah 2,5 x berat maksimum helikopter ditambah dengan faktor dinamis 1,3 x berat maksimum helikopter. Tegangan yang bekerja pada struktur *helideck* harus lebih kecil dari tegangan yang diijinkan atau $IR \leq 1$. Interaksi rasio sendiri merupakan hasil kombinasi dari tegangan kerja aksial dan tegangan kerja bending dibagi dengan tegangan yang diijinkan [6]. dengan persamaan sebagai berikut:

$$IR = \frac{\sigma_a}{\sigma_{ai}} + \frac{\sigma_b}{\sigma_{bi}} \quad (1)$$



dimana:

- σ_a : Tegangan kerja aksial
- σ_b : Tegangan kerja bending
- σ_{ai} : Tegangan ijin aksial
- σ_{bi} : Tegangan ijin bending

2.2. Analisis dengan software SACS

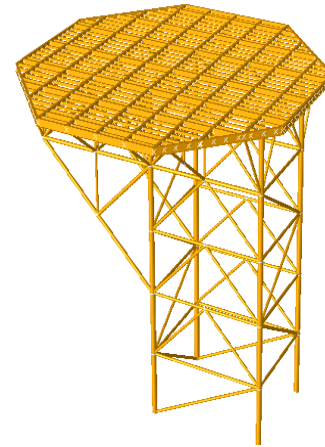
SACS adalah software yang digunakan untuk Perhitungan dinamik dan statik baik untuk struktur *offshore* maupun untuk aplikasi teknik sipil umum. SACS memiliki beberapa analisis program struktur yang sesuai dengan kebutuhan penggunaannya. Untuk menjalankan SACS, dibutuhkan data geometri, dimensi member, property material dan kondisi lingkungan yang dijadikan sebagai input pada program tersebut. Program SACS menghasilkan solusi umum yang mengandung *displacement joint* dan gaya *internal*. Proses pada program akan menggunakan data tersebut dalam menganalisis kekakuan struktur dengan menggunakan beberapa codes structural. Dengan *software* SACS, dilakukan pemodelan struktur *helideck* serta analisis kekuatan dan tegangan yang bekerja sehingga akan mengeluarkan hasil yang sesuai dengan pemodelan dan analisis yang dilakukan.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Pemodelan struktur helideck dengan SACS

Pada proses pemodelan struktur helideck langkah pertama yang dilakukan adalah membuka tap modeling pada software SACS, proses pemodelan ini adalah kegiatan menyambung elemen-elemen struktur seperti *member* yang disambungkan antar *joint* baik itu secara vertikal ataupun secara horizontal sehingga membentuk suatu model bangunan yang utuh yaitu model struktur *helideck*. Setelah model struktur terbentuk maka langkah selanjutnya adalah mengatur spesifikasi material yang digunakan seperti modulus elastis, tegangan luluh bahan, tebal material, diameter kaki struktur dan unsur-unsur lain pada struktur. Pemodelan struktur *helideck* sendiri disesuaikan dengan data yang dimiliki baik itu untuk ukuran luasan *helideck* ataupun ukuran dimensi pada struktur *helideck* itu sendiri.

Berikut adalah model struktur *helideck* yang telah dibuat pada software SACS seperti pada Gambar 1.



Gambar 1. Model helideck 3 dimensi

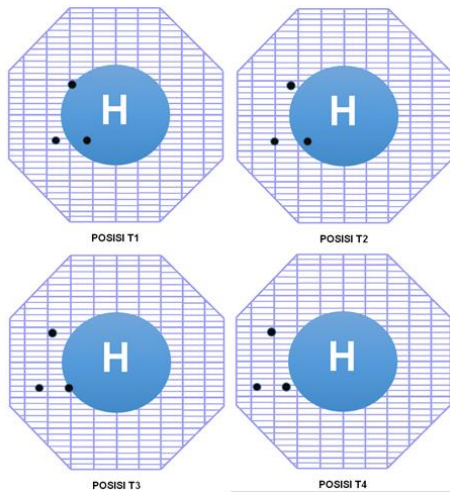
3.2. Posisi Pendaratan

Pada posisi pendaratan helikopter terdapat tiga arah pendaratan dengan masing-masing memiliki empat posisi jarak pendaratan yang berbeda beda, posisi pendaratan ini diberi nama pendaratan arah transversal, arah logitudinal dan pendaratan arah diagonal, pendaratan posisi transversal memiliki 4 posisi yaitu posisi T1, T2, T3, dan Posisi T4 sedangkan arah logitudinal yaitu posisi L1, L2, L3, Posisi L4 dan arah diagonal yaitu posisi D1, D2, D3 dan posisi D4.

- Pendaratan darurat arah transversal

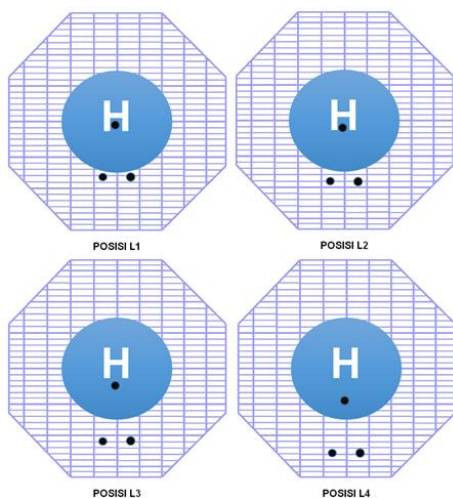
Pendaratan arah transversal merupakan pendaratan darurat dengan lokasi pendaratan menyimpang ke kiri dari arah pendaratan normal helikopter. Posisi T1 merupakan posisi pendaratan yang bergeser ke luar lingkaran pendaratan helikopter dengan jarak roda belakang sebelah kiri helikopter berada 1 meter dari lingkaran pendaratan normal helikopter, selanjutnya posisi pendaratan T2 posisi roda sebelah kiri menyimpang 2 meter, posisi pendaratan T3 menyimpang 3 meter dan posisi pendaratan T4 menyimpang 4 meter ke arah kiri luar lingkaran pendaratan normal helikopter. Untuk memperjelas posisi pendaratan darurat helikopter dapat dilihat pada Gambar 2.





Gambar 2. Pendaratan darurat arah transversal

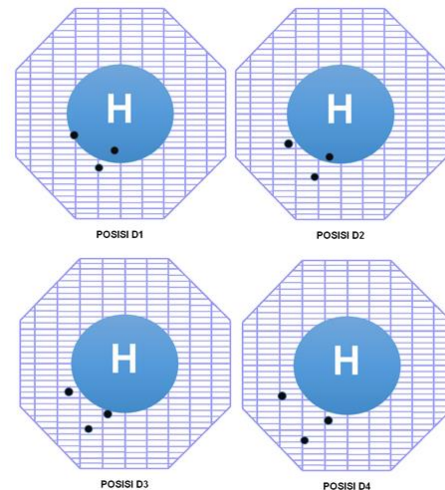
- Pendaratan darurat arah logitudinal
 Pendaratan arah logitudinal yaitu posisi pendaratan darurat yang menyimpang ke arah belakang pendaratan helikopter dimana pada pendaratan arah logitudinal, dua roda belakang helikopter berada diluar lingkaran pendaratan normal. Pada arah logitudinal terdapat empat simpangan yaitu posisi L1 menyimpang 1 meter, L2 menyimpang 2 meter, L3 menyimpang 3 meter dan Posisi L4 menyimpang 4 meter. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Pendaratan darurat arah longitudinal

- Pendaratan darurat arah diagonal
 Pendaratan arah diagonal merupakan pendaratan darurat dengan lokasi pendaratan menyimpang ke kiri dari arah pendaratan normal helikopter secara diagonal. Posisi D1 merupakan

posisi pendaratan yang bergeser ke luar lingkaran pendaratan helikopter dengan jarak roda belakang sebelah kiri helikopter berada 1 meter dari lingkaran pendaratan helikopter, selanjutnya posisi pendaratan D2 posisi roda sebelah kiri menyimpang 2 meter, posisi D3 menyimpang 3 meter dan posisi D4 menyimpang 4 meter ke arah kiri luar lingkaran pendaratan helikopter dengan arah diagonal. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Pendaratan darurat arah diagonal

Posisi pendaratan diatas merupakan posisi kemungkinan pendaratan darurat helikopter. Pendaratan normal adalah pendaratan yang dilakukan didalam lingkaran [2]. lingkaran berwarna biru merupakan area pendaratan dimana helikopter pada saat mendarat secara normal berada diarea lingkaran tersebut.

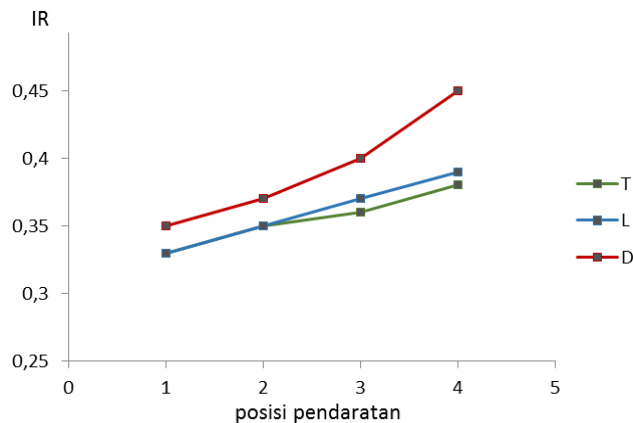
3.3. Hasil Analisis Pendaratan Darurat

Analisis pendaratan darurat merupakan analisis untuk mengetahui dampak pembebanan helikopter pada saat melakukan pendaratan darurat untuk posisi yang beragam yang kemungkinan dapat terjadi pada struktur *helideck*. Seperti yang dijelaskan diatas posisi pendaratan darurat helikopter berjumlah 12 posisi pendaratan dengan 3 arah pendaratan. Pada analisis ini proses running pada *software* SACS dilakukan untuk tiap-tiap posisi pendaratan sehingga masing-masing posisi memiliki data hasil running seperti pada Tabel 2.

Tabel 2. Pendaratan darurat helicopter

Jarak Pendaratan	Interaksi Rasio (IR)		
	T	L	D
1	0,33	0,33	0,35
2	0,35	0,35	0,37
3	0,36	0,37	0,40
4	0,38	0,39	0,45

Hasil dari Tabel 2 menunjukkan bahwa pendaratan darurat dengan nilai IR terbesar adalah pendaratan darurat dengan posisi pendaratan arah diagonal dengan jarak empat meter dengan Posisi D4. Posisi pendaratan tersebut merupakan posisi yang paling besar memberikan gaya kepada kaki struktur *helideck* sehingga posisi pendaratan darurat D4 dipilih dan digunakan pada pembebanan pendaratan darurat untuk model *brace* dan pembebanan pada proses pengurangan dimensi kaki struktur *helideck*. Hasil pendaratan darurat dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. grafik IR pendaratan darurat helicopter

3.4. Hasil Pengurangan Dimensi Kaki Struktur

Proses ini dilakukan dengan pengurangan dimensi antara diameter dan ketebalan kaki struktur *helideck* secara bertahap mulai dari 10%, 20%, 30%, hingga 40%. Masing-masing struktur dihitung berdasarkan variasi *brace*. simulasi ini dilakukan untuk mengetahui berapa diameter dan ketebalan kaki struktur yang optimum dengan berbagai variasi *brace*. Berikut hasil perhitungan tegangan dan IR untuk tiap-tiap model *brace*.

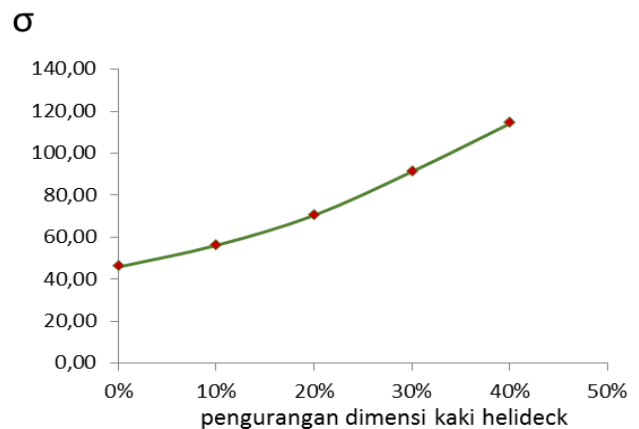
- Model *brace* X

Dari hasil running analisis pada helideck dengan model *brace* X maka diperoleh tegangan maksimum dan nilai IR untuk masing – masing pengurangan dimensi pada kaki struktur seperti pada Tabel 3.

Tabel 3. Tegangan dan IR model brace X

Pengurangan dimensi	σ (N/mm ²)	IR
0%	45,88	0,40
10%	56,16	0,48
20%	70,46	0,60
30%	91,25	0,78
40%	114,12	0,99

Hasil running menunjukkan tegangan kerja model *brace* X untuk pengurangan dimensi kaki struktur 0% sebesar 45,88 N/mm² sedangkan untuk tegangan maksimum pada pengurangan 40% adalah sebesar 114,12 N/mm². Adapun nilai pengurangan dimensi terhadap tegangan kerjamaksimum dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Tegangan terhadap pengurangan dimensi

- Model *brace* N

Dari hasil running analisis pada software SACS maka diperoleh hasil tegangan kerja maksimum dan nilai IR pada model *brace* N seperti pada Tabel 4.

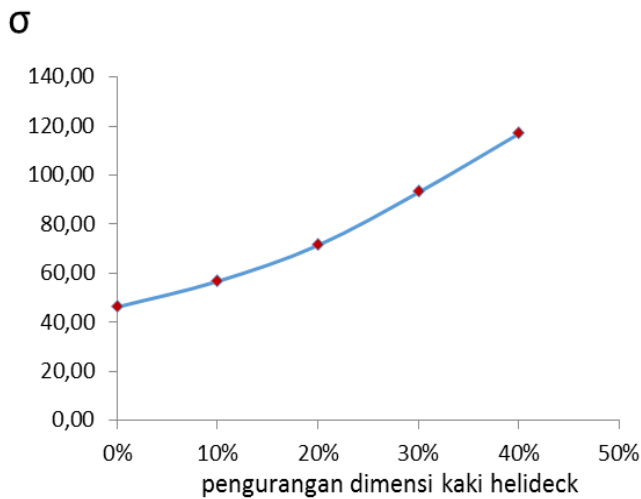
Dari hasil running analisis, model *brace* N memiliki tegangan kerja pada pengurangan dimensi 0% sebesar 46,24 N/mm² sedangkan untuk pengurangan dimensi sebesar 40% tegangan kerja maksimum sebesar 116,87 N/mm². Adapun data



perbandingan antara tegangan kerja dan pengurangan dimensi dapat dilihat pada Gambar 7.

Tabel 4. Tegangan dan IR model brace N

Pengurangan dimensi	σ (N/mm ²)	IR
0%	46,24	0,42
10%	56,72	0,50
20%	71,40	0,62
30%	92,94	0,81
40%	116,87	1,04



Gambar 7. Tegangan terhadap pengurangan dimensi

- Model brace Y

Dari hasil running analisis pada model brace Y maka diperoleh tegangan maksimum yang bekerja dan nilai IR seperti pada Tabel 5.

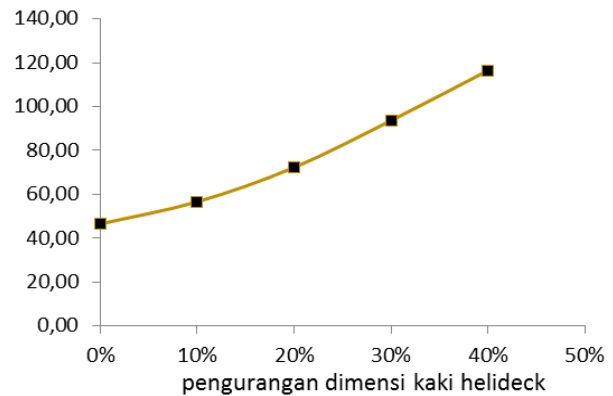
Tabel 5. Tegangan dan IR model brace Y

Pengurangan dimensi	σ (N/mm ²)	IR
0%	46,60	0,40
10%	56,66	0,48
20%	72,31	0,62
30%	93,69	0,80
40%	116,50	1,03

Hasil running analisis model brace Y menunjukkan tegangan kerja pada pengurangan dimensi 0% sebesar 46,60 N/mm² sedangkan tegangan kerja maksimum pada pengurangan dimensi 40% sebesar 116,50 N/mm². Adapun

nilai tegangan terhadap pengurangan kaki struktur seperti pada Gambar 8.

σ



Gambar 8. Tegangan terhadap pengurangan dimensi

- Model brace K

Hasil analisis antara tegan kerja maksimum dan nilai IR untuk model brace K dapat dilihat pada Tabel 6.

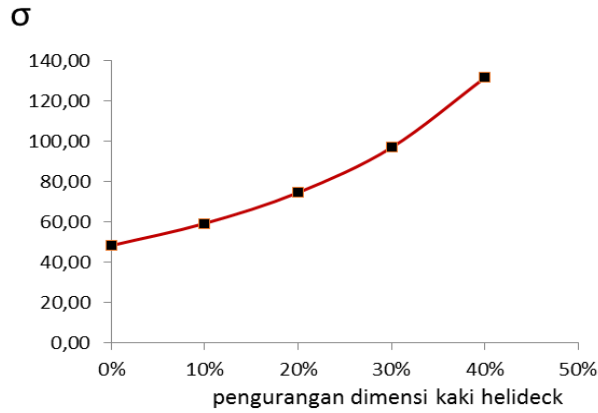
Tabel 6. Tegangan dan IR model brace K

Pengurangan dimensi	σ (N/mm ²)	IR
0%	48,39	0,45
10%	59,36	0,54
20%	74,65	0,67
30%	96,99	0,87
40%	131,62	1,19

Hasil running model brace K menunjukkan nilai tegangan kerja pada pengurangan dimensi 0% sebesar 48,39 N/mm² sedangkan tegangan kerja untuk pengurangan dimensi kaki struktur 40% sebesar 131,62 N/mm².Adapun grafik tegangan kerja terhadap pengurangan dimensi dapat dilihat pada Gambar 9.

Hasil analisis pengurangan dimensi kaki struktur helideck untuk semua model brace dapat dilihat tegangan kerja terbesar untuk pengurangan dimensi kaki 40% terjadi pada model brace K dengan tegangan kerja maksimum sebesar 131,62 N/mm² sedangkan untuk tegangan kerja terkecil pada model brace X sebesar 114,12 N/mm². Adapun nilai IR untuk masing-masing model brace dapat dilihat pada Tabel 7.



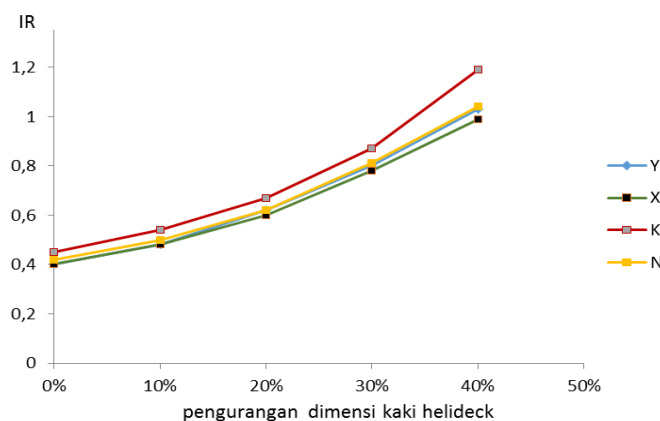


Gambar 9. Tegangan terhadap pengurangan dimensi

Tabel 7. IR Pengurangan dimensi kaki helideck

BRACE	IR				
	0%	10%	20%	30%	40%
Y	0,4	0,48	0,62	0,8	1,03
X	0,4	0,48	0,6	0,78	0,99
K	0,45	0,54	0,67	0,87	1,19
N	0,42	0,5	0,62	0,81	1,04

Dari Tabel dapat dilihat nilai IR terbesar untuk pengurangan dimensi kaki 40% terjadi pada model brace K dengan nilai IR = 1,19 sedangkan untuk nilai IR terkecil terjadi pada model brace X dengan nilai IR = 0,99, untuk model Y IR = 1,03 dan model N IR = 1,04. Untuk melihat perbandingan nilai IR terhadap pengurangan dimensi kaki struktur untuk masing-masing model dapat dilihat pada Gambar 10.



Gambar 10. IR terhadap pengurangan dimensi kaki struktur helideck

Hasil perhitungan menunjukkan model variasi brace terhadap pengurangan dimensi kaki struktur

mengalami peningkatan tegangan dan interaksi rasio secara linear untuk masing-masing model brace struktur. Semakin kecil penampang kaki struktur helideck maka semakin besar pula tegangan kerja yang terjadi sehingga nilai IR dari masing-masing model brace kaki struktur helideck menjadi lebih besar. Perbedaan kekuatan antar model brace pada struktur cenderung lebih besar pada saat pengurangan dimensi struktur yang lebih besar sehingga dapat disimpulkan semakin kecil kaki struktur helideck maka semakin besar pengaruh model brace terhadap kekuatan kaki struktur helideck dalam menahan beban pendaratan darurat helikopter.

4. Kesimpulan

- Tegangan kerja maksimum terjadi pada pendaratan darurat arah diagonal menyimpang 4 meter dari lingkaran pendaratan normal dengan tegangan kerja sebesar 49,86 N/mm² dan nilai IR 0,45.
- Model brace yang paling kuat dalam menahan beban pendaratan darurat helikopter adalah model brace X dan yang paling lemah adalah model brace K.
- Dimensi kaki struktur helideck masih dapat direduksi sebesar 40% dengan menggunakan model brace X dengan nilai IR 0,99.

Referensi

- [1] Vaghefi M, Hassan Bagheri and Mohebpou S.R, 2013. Nonlinear Analysis of Offshore Helidecks Due to the Helicopter Emergency Landing Loads, Department of Civil Engineering, Persian Gulf University, Boushehr, Iran. Middle-East Journal of Scientific Research 13 (10): 1351-1358.
- [2] Muis Alie, M.Z., 2016. The Effect of Symmetrical and Asymmetrical Configuration Shapes on Bukling and Fatigue Stength Analysis of Fixed Offshore Platform. International Journal of Technology (IJTech), Indonesia.
- [3] M. Zain Fajar Ramadhani dan I Ketut Aria Pria Utama, 2018. Analisis Aliran Fluida Udara akibat Pendaratan Helikopter terhadap Permukaan Helideck pada Kapal. Jurnal teknik ITS Vol. 7, no. 1, 2337-3520, Indonesia
- [5] Park JS and Seo JK, 2017. Deformation-Based Design Method of Aluminium Helideck for Eurocode 9. Journal of Applied Mechanical Engineering, DOI: 10.4172/2168-9873.1000258, Korea.
- [6] Api Recommended Practice 2a-Wsd (API RP 2A-WSD), 2002, "Recommended Practice for Planning Designing



- and Construction Fixed Offshore Platform-Working Stress Design” American Petroleum Institute, Amerika Serikat.
- [7] Erlina k, Ari, M dan dhika A.P, 2016. Analisis Kekuatan Terhadap Rencana Struktur Penyangga Helideck Pada Bangunan Lepas Pantai. Proceedings Confrence on Design Manufacture Engineering and Its Aplication. Indonesia.
- [8] I-Wen Chen, Bao-Leng Wong, Yu-Hung Lin, Shiu-Wu Chau and Hsin-Haou Huang, 2016. Design and Analysis of Jacket Substructures for Offshore Wind Turbines Department of Engineering Science and Ocean Engineering, National Taiwan University, Taipei 106, Taiwan. Mdpi Journal Energies.
- [9] Direktur Jenderal Perhubungan Udara KP 40, 2015. Standar Teknis Dan Operasi Peraturan Keselamatan Penerbangan Sipil Bagian 139 Volume II Tempat Pendaratan Dan Lepas Landas Helikopter, Indonesia.
- [10] Burt, Bomel Jhon, 2002. Offshore Helideck Design Guidelines for the Health and Safety Executive, Inggris.



Karakteristik Manuver dengan Variasi Sudut Kemudi Kapal Ro-Ro

I Made Alet^{1*}, Andi Haris Muhammad¹, Daeng Paroka¹

Departemen Teknik Perkapalan, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin
Jl. Poros Malino km.6, Bontomarannu, Kabupaten Gowa, Sulawesi Selatan 92171

*Email: alet.santoso@gmail.com

DOI: 10.25042/jpe.112018.12

Abstrak

Secara prinsip ada tiga gerakan kapal yang tidak dapat direspon oleh kapal yaitu gerakan *Surging*, *Swaying* dan *Yawing*. Untuk mengendalikan gerakan ini diperlukan *Maneuver* kapal. Kemampuan *maneuver* sangat menentukan keselamatan kapal, khususnya saat kapal beroperasi diperairan terbatas atau beroperasi disekitar pelabuhan, oleh karena IMO (*International Maritime Organization*) telah mensyaratkan sejumlah kriteria standar keselamatan kapal diantaranya adalah *Turning Ability* dan *Course Keeping-Yaw Checking Ability*. Dalam paper ini dibahas pengujian model simulasi manuver dengan variasi sudut kemudi kapal jenis *Roll-on Roll-off (Ro-Ro) twin rudder* dan *twin propeller* yang dilakukan di *Bridge Simulator* Politeknik Pelayaran Barombong dengan menggunakan metode *software Polaris Ship's Bridge Simulator-Kongsberg*. Pengujian simulasi ini dapat memprediksi kemampuan manuver kapal pada tahap kompetensi khususnya bagi para operator kapal. Hasil respon kapal pada *self turning basin* ke kanan menunjukkan bahwa pada kemudi kanan, dengan memposisikan sudut kemudi pada arah kanan dapat mengurangi *Rate of Turn*, memperlambat waktu putar, menambah kecepatan kapal dan memperpanjang jarak putar kapal, sebaliknya memposisikan sudut kemudi pada arah kiri dapat menambah *Rate of Turn*, mempercepat waktu putar, mengurangi kecepatan kapal dan memperpendek jarak putar kapal. Simulasi *turning basin* kanan yang baik adalah yang menunjukkan *Rate of Turn* tertinggi, kecepatan kapal terendah serta waktu dan jarak putar yang terpendek.

Abstract

Maneuvers Simulation Model with Rudder Angle Variation of the Ro-Ro Vessel. Basically, there are three movements of ship that can't be responded by ship those are *surging*, *swaying* and *yawing* movements. To control this movement, ship maneuvers are required. Maneuverability will deter mind the safety of ships, operate on the restricted water or the ship operated in harbour, because of IMO (*International Maritime Organization*) has imposed some at criteria for standard safety of ship, between other things *Turning Ability* and *Course Keeping-Yaw Checking Ability*. In this paper talking about the test of maneuver simulation model with variations of twin rudder and twin propeller types of roll-on roll-off (Ro-Ro) vessels in that did in Barombong Maritime Polytechnique Bridge Simulator, by using software *Polaris Ship Simulator Kongsberg* method. The test of this simulation will predict the ability of ships maneuver in the competence phase, especially for the ship operators. Respond result of the ship to the starboard in the self turning should in that the rudder angle in the starboard direction can reduce the rate of turn and slow down the turning time, increase the speed of ship and increase the turning distance of the ship, otherwise to direct the rudder angle to the port can increase the rate of turn, increasing the turning time, reducing the speed of ship, and reducing the turning distance of ship. The right characteristic starboard turning basin simulation shows the fast rate of turn, the shortest speed, time and turning distance of ship.

Kata Kunci: *Maneuvers, rudder angles, simulator*

1. Pendahuluan

Tiga gerakan kapal yang tidak dapat direspon kapal adalah *Surging*, *Swaying* dan *Yawing*, untuk mengendalikan gerakan itu diperlukan *maneuver* kapal. Secara prinsip faktor dari dalam kapal yang mempengaruhi manuver kapal adalah rancangan kapal yang bersifat tetap seperti bentuk kapal, jumlah mesin, propeller, bentuk dan ukuran kemudi, dan yang bersifat tidak tetap seperti sarat,

trim, keadaan pemuatan serta teritip, serta faktor dari luar kapal seperti angin, gelombang, dalam dan lebarnya perairan.

Menurut M. Ridwan Utina [1] dalam penelitian tentang Simulasi Manuver *Turning* Kapal Ferry Penumpang dengan metode simulasi numerik dengan menggunakan *software maneuver SURIM* pada tahapan desain menyimpulkan bahwa kemampuan merubah lintasan (*course*



changing ability) kapal sangat baik karena nilai rasio *advanced/LPP* pada sudut kemudi 35° adalah 3.38, nilai tersebut lebih kecil dibandingkan dengan nilai yang direkomendasikan *IMO 4.5*, nilai rasio *tactical diameter/LPP* adalah 1.67, rasio ini jauh lebih kecil dari yang direkomendasikan *IMO* yaitu 5.0.

Sedangkan menurut Daeng Paroka [2] dalam penelitian Kemampuan Manuver Kapal dengan Sarat Kecil pada Kecepatan Angin Konstan bahwa gaya dan momen yang ditimbulkan oleh arah data angin terhadap kapal yang divariasikan mulai dari 0° sampai 180° yang disimulasikan dengan model matematika, mengakibatkan kecepatan operasi kapal berkurang secara drastis, sudut geser yang besar serta sudut kemudi yang besar untuk mempertahankan arah gerak kapal.

Kriteria standar keselamatan kapal [3] untuk *Turning Ability* dan *Course Keeping-Yaw Checking Ability* sesuai yang dipersyaratkan oleh *International Maritime Organization (IMO)* khususnya bagi para operator kapal untuk Pemanfaatan Simulator Dalam Meningkatkan Pengetahuan dan Keterampilan Bernavigasi [4] pada tahap kompetensi diperlukan pengujian model simulasi manuver dengan variasi sudut kemudi dengan menggunakan kapal jenis Ro-Ro twin rudder dan twin propeller model RORO04L [5] dengan metode *software Polaris Ship's Bridge Simulator-Kongsberg* [6].

Adapun tujuan dari simulasi ini adalah untuk mengetahui seberapa besar pengaruh sudut kemudi kapal saat manover pada bridge simulator dan mengetahui karakteristik kapal yang menunjukkan waktu manuver terhadap gerakan *Surging, Swaying dan Yawing*.

2. Metode Penelitian

2.1. Data Penelitian

Pada penelitian ini data kapal yang digunakan pada bridge simulator adalah jenis kapal Ro Ro.

- Data deskripsi kapal model

Data deskripsi kapal model dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Deskripsi kapal model

Item	Dimensi
Hull	
<i>Deadweight (DWT)</i>	4,659 (t)
<i>Displacement</i>	11,070.0 (t)
<i>Length overall (LOA)</i>	142.0 (m)
<i>Length between perpendicular (LBP)</i>	132.0 (m)
<i>Breadth (B)</i>	21.0 (m)
<i>Block coefficient</i>	0.649
<i>Draught fore (D)</i>	5.90 (m)
<i>Draught aft (D)</i>	6.10 (m)
<i>Ship speed (Vs) (Max/Average)</i>	20.0 (knots)
Engine	
<i>Engine Number</i>	2 Pcs
<i>Total Shaft Power</i>	12,948 (kW)
<i>Revolution</i>	550 (RPM)
Propeller	
<i>Number of Propeller</i>	2 (Pcs)
<i>Blades</i>	4 (Pcs)
<i>Diameter</i>	4.30 (m)
<i>Pitch Ratio</i>	0.876 (P/D)
<i>Pitch Rate</i>	0.43(m/rev/s)
<i>Revolutions</i>	165 (RPM)
Rudder	
<i>Rudder Number</i>	2 (Pcs)
<i>Range</i>	-35° & $+35^\circ$

- Simulasi manuver kapal model

- Manuver *turning cycle*

Turning Cycle dilakukan saat kapal model bergerak maju/lurus pada kecepatan maksimum 20 knots dengan haluan kearah utara atau pada *heading* 0° , pengujian *Turning cycle* pertama dengan kedua kemudi dicikar ke kanan atau pada sudut kemudi $+35^\circ$, dan pengujian kedua pada sudut kemudi $+20^\circ$ dengan kecepatan maksimum, sampai kapal melakukan *turning cycle* lebih dari 540° .



- Manuver zig-zag
Penguujian pertama zig-zag 20°/20° dilakukan saat kapal model bergerak maju/lurus pada kecepatan maksimum 20 knots dengan haluan kearah utara atau pada heading 0°, kemudian kemudi diarahkan pada sudut 20° ke kiri dengan kecepatan maksimum hingga haluan kapal mencapai heading 340° selanjutnya kemudi diarahkan ke kanan dengan kecepatan hingga pada sudut 20°, hingga haluan kapal menunjukkan heading 20°. Penguujian maksimal kedua zig-zag 10°/10° dilakukan saat kapal model bergerak maju/lurus pada kecepatan maksimum 20 knots dengan haluan kearah utara atau pada heading 0°, kemudian kemudi diarahkan pada sudut 10° ke kiri dengan kecepatan maksimum hingga haluan kapal mencapai heading 350° selanjutnya kemudi diarahkan ke kanan dengan kecepatan maksimal hingga pada sudut 10°, hingga haluan kapal menunjukkan heading 10°.

- Manuver *self turning basin*
Simulasi Manuver *Self Turning Basin* dilakukan dari kondisi kapal diam (0 knot) pada heading 0°. kemudian memutar kapal ke kanan dengan cara *Port side Engine Full Ahead* dan *Starboard side Engine Full Astern* (rpm konstan), hingga heading mencapai 180°, dengan beberapa variasi sudut kemudi, yaitu :

a) Variasi I

Variasi sudut kemudi dimana kemudi kiri (P) diposisikan pada sudut 0° dan kemudi kanan (S) yang divariasikan pada sudut 0°, +15°, +30°, -15°, dan -30°.

b) Variasi II

Variasi sudut kemudi dimana kemudi kiri (P) diposisikan pada sudut 15° dan kemudi kanan (S) yang divariasikan pada sudut 0°, +15°, +30°, -15°, dan -30°.

c) Variasi III

Variasi sudut kemudi dimana kemudi kiri (P) diposisikan pada sudut 30° dan

kemudi kanan (S) yang divariasikan pada sudut 0°, +15°, +30°, -15°, dan -30°.

2.2. Analisis dengan *Software Polaris Ship's Bridge Simulator-Kongsberg*

Pada penelitian ini software yang digunakan adalah *software Polaris Ship's Bridge Simulator-Kongsberg* dimana seluruh sistem kerja dan kelengkapan dibuat menyerupai seperti kondisi diatas kapal untuk mengetahui respon kapal terhadap manover. kotak dialog kapal model muncul ketika salah satu sub-perintah dari perintah model dari menu kapal model yang dipilih. Lembar Model hanya untuk informasi tentang masing-masing kapal model, dan tidak memungkinkan untuk interaksi operasional.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Hasil Pemodelan Simulasi *Turning Cycle*

Pada proses simulasi *turning cycle* pertama dengan sudut kemudi +35° pada Gambar 1, menunjukkan perubahan pergerakan respon kapal dari heading 0° ke heading 90° memerlukan waktu 54 detik, kecepatan kapal turun dari 20 knots menjadi 13.7 knots, pergerakan lateral haluan kapal bergerak ke kanan 0.1 knot sedangkan pergerakan lateral buritan kapal bergerak ke kiri 8.3 knots dan *Rate of Turn* 132° /min ke kanan, kemiringan kapal ke kiri 13° dengan jarak tempuh kapal sejauh 0.2 Nm. Jarak *advanced* 0.236 Nm atau 430.7 meter diperoleh dengan mengukur *range* membujur ke arah 0° dari titik kapal pada posisi heading 0° sampai pada garis melintang posisi kapal heading 90°.

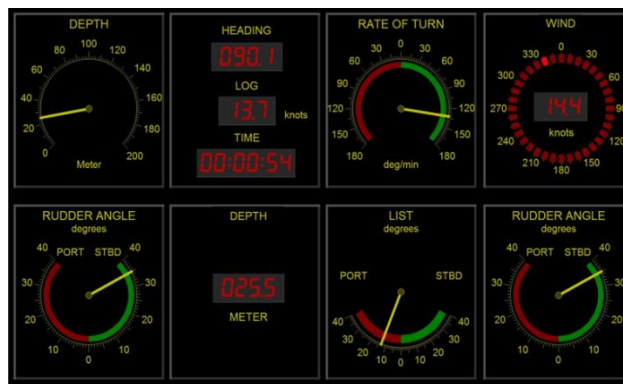
Jarak *transfer* 0.083 Nm atau 153.7 meter diperoleh dengan mengukur *range* melintang ke arah 270° dari titik kapal pada posisi heading 90° sampai pada garis membujur posisi kapal heading 0°. *Drift Angle* 19.7° diperoleh dengan mengurangi heading 90° dengan sudut lintasan titik berat kapal atau pada instrumen *GPS* pada *COG* : 70.4°, jarak *Tactical Diameter* 0.209 Nm atau 387.1 meter yang diperoleh dengan mengukur *range* melintang ke arah 270° dari titik kapal pada posisi heading 180° sampai pada garis membujur posisi kapal heading 0°, dan *Steady Turning Diameter* atau jarak diameter putar yang



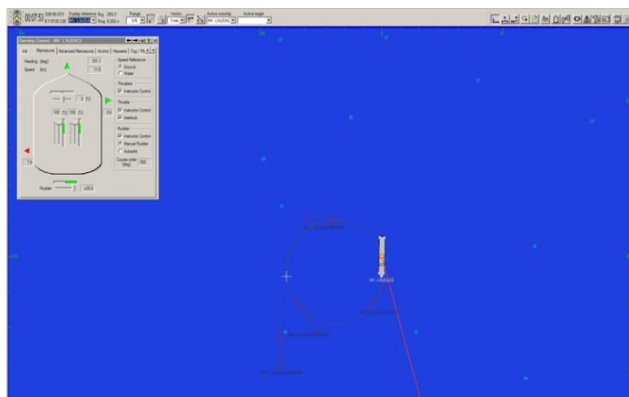
ditempuh kapal pada kondisi putaran yang tidak banyak melakukan perubahan dengan diameter 0.202 Nm atau 374.1 meter seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 1. Jendela monitor, *turning cycle* kanan pada sudut kemudi 35°



Gambar 2. Jendela *instrument monitor control*, *Turning cycle* kanan pada sudut kemudi 35°

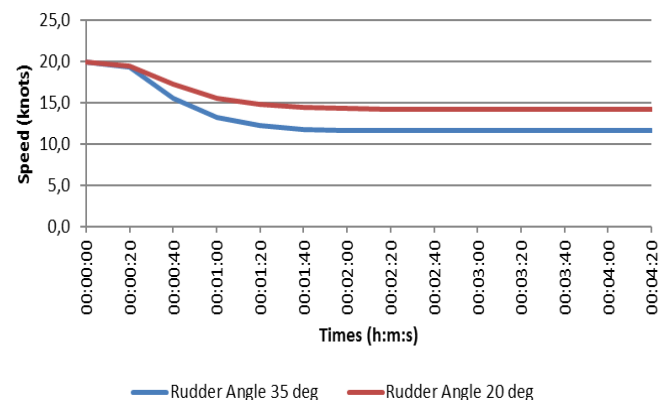


Gambar 3. Posisi kapal pada *turning cycle* kanan 540°

Begitu pula pada proses simulasi *turning cycle* yang kedua dengan sudut kemudi +20°, perubahan pergerakan respon kapal dari heading 0° ke heading 90° memerlukan waktu 67 detik,

kecepatan kapal turun dari 20 knots menjadi 15.2 knots, pergerakan lateral haluan kapal bergerak ke kiri 0.3 knot sedangkan pergerakan lateral buritan kapal bergerak ke kiri 6.9 knots dan Rate of Turn 103°/min ke kanan, kemiringan kapal ke kiri 11° dengan jarak tempuh kapal sejauh 0.3 Nm.

Jarak *advanced* 0.283 Nm atau 524.1 meter diperoleh dengan mengukur *range* membujur ke arah 0° dari titik kapal pada posisi heading 0° sampai pada garis melintang posisi kapal heading 90°, jarak *transfer* 0.125 Nm atau 231.5 meter diperoleh dengan mengukur *range* melintang ke arah 270° dari titik kapal pada posisi heading 90° sampai pada garis membujur posisi kapal heading 0°, *Drift Angle* 15.9° diperoleh dengan mengurangi heading 91.2° dengan sudut lintasan titik berat kapal atau pada instrumen GPS pada COG : 75.3°, jarak *Tactical Diameter* 0.294 Nm atau 544.5 meter yang diperoleh dengan mengukur *range* melintang ke arah 270° dari titik kapal pada posisi heading 180° sampai pada garis membujur posisi kapal heading 0°, dan *Steady Turning Diameter* atau jarak diameter putar yang ditempuh kapal pada kondisi putaran yang tidak banyak melakukan perubahan dengan diameter 0.281 Nm atau 520.4 meter.



Gambar 4. Karakteristik *speed* pada *turning cycle* kanan

Gambar 4 menunjukkan grafik perubahan *speed* terhadap *times* saat *Turning cycle* kanan pada sudut kemudi 35° dan 20° hasil analisa berdasarkan data Tabel 2 dan 3. Saat *turning cycle* dengan sudut kemudi 35° terjadi penurunan kecepatan kapal atau kehilangan kecepatan sebesar 42%, sedangkan pada saat *turning cycle*



dengan sudut kemudi 20° terjadi penurunan kecepatan kapal atau kehilangan kecepatan sebesar 29%.



Gambar 5. Karakteristik rate of turn pada turning cycle kanan

Tabel 2. Data turning cycle kanan pada sudut kemudi 35°

Time (s)	Speed (kn)	Heading (deg)	COG (deg)	R.O.T (deg/min)	Drift Angle (deg)
00:00	20,0	0,0	0,0	0	0,0
00:20	19,3	13,5	4,3	92	9,2
00:40	15,6	56,3	40,0	138	16,3
01:00	13,2	102,6	83,8	129	18,8
01:20	12,2	144,5	126,1	121	18,4
01:40	11,8	185,7	166,7	116	19,0
02:00	11,7	223,7	205,4	115	18,3
02:20	11,6	262,8	244,1	114	18,7
02:40	11,6	300,7	282,7	114	18,0
03:00	11,6	339,2	320,6	114	18,6
03:20	11,6	17,2	358,6	114	18,6
03:40	11,6	55,1	36,9	114	18,2
04:00	11,6	93,1	75,2	114	17,9
04:20	11,6	132,3	113,4	114	18,9

Gambar 5 menunjukkan grafik hasil analisa ROT terhadap times berdasarkan data Tabel 2 dan 3 dari hasil Turning cycle kanan pada sudut kemudi 35° dan 20°, bahwa pada saat turning cycle dengan sudut kemudi 35° terjadi peningkatan turn rate hingga 138°/menit pada waktu ke 40 detik, kemudian mulai terjadi penurunan turn rate 114°/menit hingga pada waktu 2 menit dan 20 detik dan selanjutnya turn rate kapal menjadi konstan pada waktu Steady

Turning Diameter, begitu pula pada saat turning cycle dengan sudut kemudi 20° terjadi peningkatan turn rate hingga 106°/menit pada waktu ke 40 detik, kemudian mulai terjadi penurunan turn rate 95°/menit hingga pada waktu 2 menit dan 20 detik dan selanjutnya turn rate kapal menjadi konstan pada waktu Steady Turning Diameter.

Tabel 3. Data turning cycle kanan pada sudut kemudi 20°

Time (s)	Speed (kn)	Heading (deg)	COG (deg)	R.O.T (deg/min)	Drift Angle (deg)
00:00	20,0	0,0	0,0	0	0,0
00:20	19,5	11,1	3,2	64	7,9
00:40	17,3	42,2	27,9	106	14,3
01:00	15,6	78,3	62,7	105	15,6
01:20	14,8	112,5	98,1	100	14,4
01:40	14,4	146,6	131,3	98	15,3
02:00	14,3	178,7	164,1	96	14,6
02:20	14,2	211,6	196,5	96	15,1
02:40	14,2	244,7	230,1	96	14,6
03:00	14,2	276,0	260,9	95	15,1
03:20	14,2	308,0	293,0	95	15,0
03:40	14,2	340,1	325,1	95	15,0
04:00	14,2	12,2	356,9	95	15,3
04:20	14,2	44,4	29,2	95	15,2

Tabel 4. Data performance turning cycle kanan pada sudut kemudi 35° & 20°

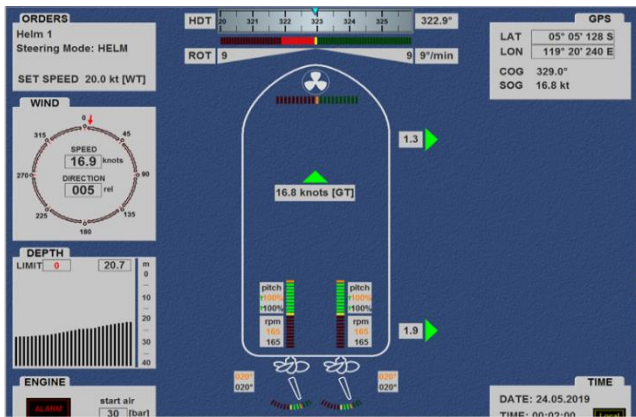
Rudder Angle (deg)	Time 90° (s)	Advance (m)	Transfer (m)	Time 180° (s)	Tactical dia. (m)	Steady turning dia. (m)
35°	54	430,7	153,7	98	387,1	374,1
20°	67	524,1	231,5	121	544,5	520,4

Pada Tabel 4 merupakan data hasil simulasi terhadap Performance Turning Cycle ke kanan pada sudut kemudi 35° dan 20°, sehingga jarak Advanced dan Tactical Diameter untuk kapal model masih sesuai kriteria standar yang dipersyaratkan oleh IMO's Resolution MSC 137 (76) yaitu Advanced < 4.5 Lbp dan Tactical Diameter < 5.0 Lbp.

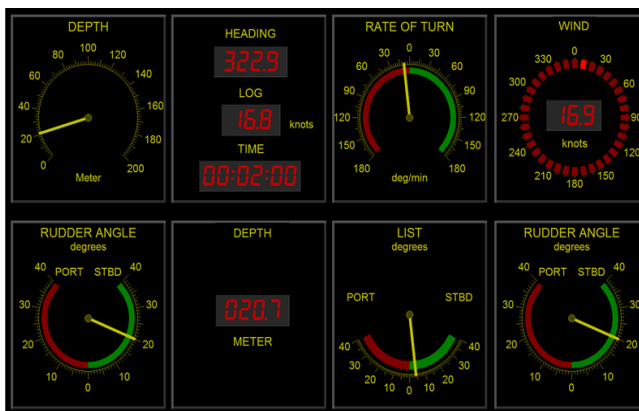


3.2. Hasil Simulasi Maneuver Zig-Zag

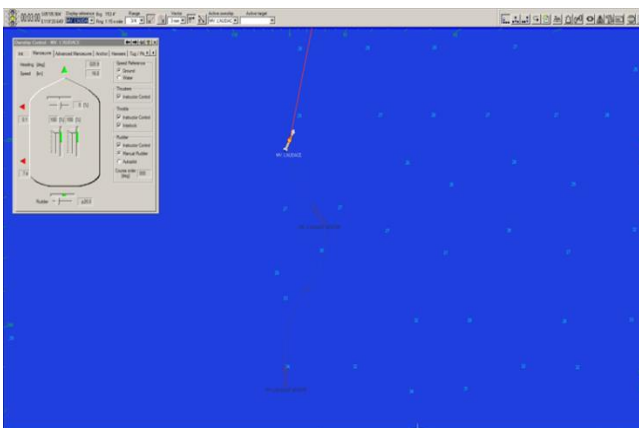
Data pada Tabel 5 dan 6 diperoleh dari hasil pengamatan pada instrument simulasi maneuver zig-zag $20^{\circ}/20^{\circ}$ dan zig-zag $10^{\circ}/10^{\circ}$ seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5, 6 dan 7.



Gambar 5. Jendela monitor, Zig-zag $20^{\circ}/20^{\circ}$ (1^{st} overshoot)

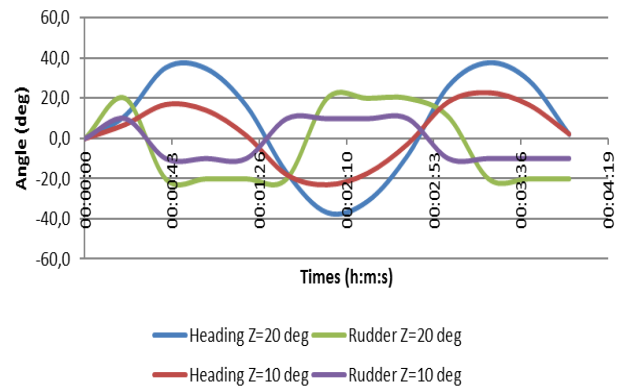


Gambar 6. Jendela instrument monitor control zig-zag $20^{\circ}/20^{\circ}$ (1^{st} overshoot)

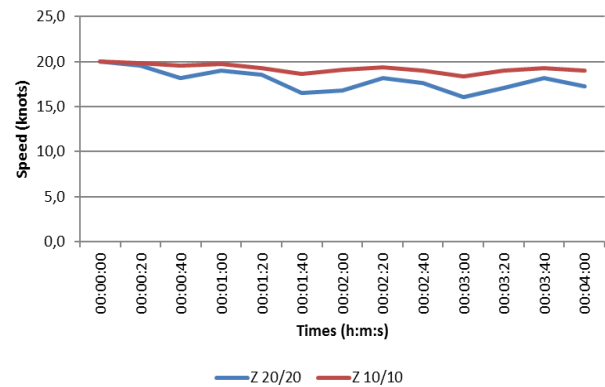


Gambar 7. Posisi kapal pada zig-zag $20^{\circ}/20^{\circ}$ (2^{nd} overshoot)

Pada Gambar 8 dan 9 menunjukkan karakteristik *rudder angle* dan *heading* terhadap *times* dan *speed* berdasarkan Tabel 5 dan 6 dari hasil rekapitulasi data respon kapal pada Zig-zag test $20^{\circ}/20^{\circ}$ dan Zig-zag test $10^{\circ}/10^{\circ}$.



Gambar 8. Karakteristik rudder dan heading angle pada zig-zag maneuver



Gambar 9. Karakteristik speed zig-zag maneuver

Berdasarkan grafik pada Gambar 8 dan 9 dapat dianalisa bahwa pada saat zig-zag maneuver test $20^{\circ}/20^{\circ}$, 1^{st} overshoot sebesar 18° terjadi selama 22 detik begitu pula dengan pada 2^{nd} overshoot sebesar 18° terjadi selama 22 detik dengan waktu *perod of oscillation* sebesar 157 detik dan terjadi penurunan kecepatan sebesar 9%. Selanjutnya pada zig-zag maneuver test $10^{\circ}/10^{\circ}$, 1^{st} overshoot sebesar 7° terjadi selama 19 detik dan pada 2^{nd} overshoot sebesar 13° terjadi selama 27 detik dengan waktu *perod of oscillation* sebesar 160 detik serta terjadi penurunan kecepatan sebesar 2.5%. Pada saat *rate of turn* semakin bertambah, *speed* kapal semakin berkurang dan pada saat *rate of turn* semakin berkurang, *speed* kapal semakin bertambah,

sehingga *rate of turn* berbanding terbalik dengan *speed*.

Tabel 5. Data zig-zag 20°/20°

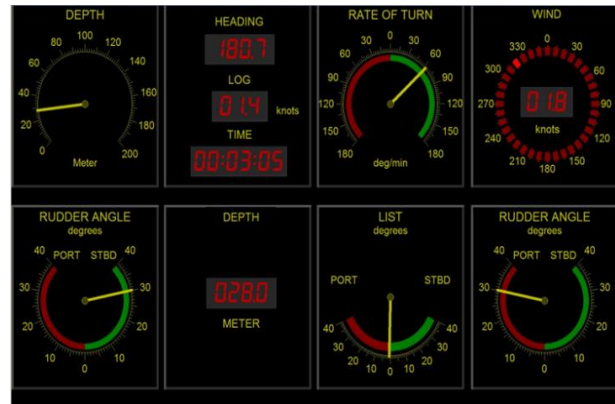
Time (s)	Rudder (deg)	Heading (deg)	Speed (kn)	R.O.T (deg/min)
00:00:00	0	0,0	20,0	0
00:00:20	20	11,3	19,5	65
00:00:40	-20	35,2	18,2	28
00:01:00	-20	34,8	19,0	-26
00:01:20	-20	16,2	18,5	-86
00:01:40	-20	-17,2	16,5	-106
00:02:00	20	-37,1	16,8	-9
00:02:20	20	-31,5	18,2	40
00:02:40	20	-8,5	17,6	94
00:03:00	11	25,9	16,0	99
00:03:20	-20	37,7	17,1	-3
00:03:40	-20	28,9	18,2	-50
00:04:00	-20	1,9	17,2	-100

Tabel 6. Data zig-zag 10°/10°

Time (s)	Rudder (deg)	Heading (deg)	Speed (kn)	R.O.T (deg/min)
00:00:00	0	0,0	20,0	0
00:00:20	10	7,0	19,8	37
00:00:40	-10	16,9	19,5	9
00:01:00	-10	14,1	19,7	-24
00:01:20	-10	1,5	19,3	-50
00:01:40	10	-17,9	18,6	-36
00:02:00	10	-22,9	19,1	2
00:02:20	10	-17,2	19,4	31
00:02:40	10	-2,6	19,0	56
00:03:00	-10	18,2	18,3	34
00:03:20	-10	22,8	19,0	-3
00:03:40	-10	16,8	19,3	-32
00:04:00	-10	2,3	19	-56

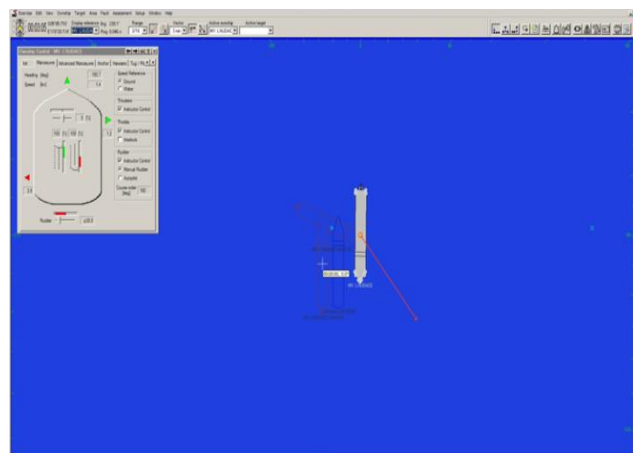


Gambar 10. Jendela monitor, Variasi III (P.+30° & S.-30°)



Gambar 11. Jendela instrument monitor control, variasi III (P.+30° & S.-30°)

Adapun hasil dari respon kapal pada *self turning basin* variasi III (P.+30° & S.-30°) dapat dilihat pada Gambar 12.



Gambar 12. Posisi kapal pada *turning basin* variasi III (P.+30° & S.-30°)

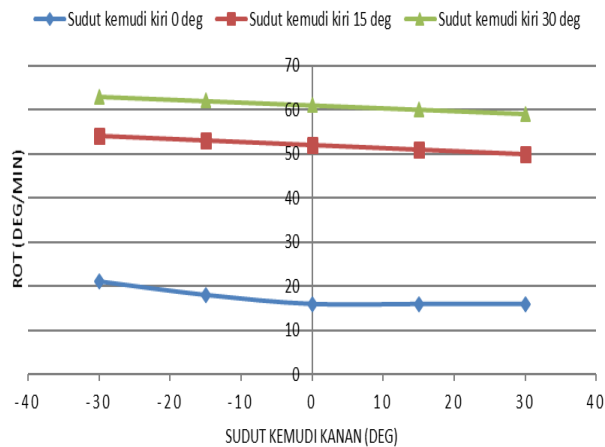
3.3. Hasil Simulasi *Self Turning Basin*

Salah satu dari lima belas model variasi simulasi *self turning basin*, yang ditampilkan adalah variasi III yaitu kemudi kiri pada posisi sudut 30° ke kanan dan kemudi kanan pada posisi sudut 30° ke kiri (P.+30° & S.-30°), dimana *Port side Engine Full Ahead* dan *Starboard side Engine Full Astern* (rpm konstan) seperti yang ditunjukkan pada Gambar 10 dan 11.



Model variasi III (P.+30° & S.-30°) menunjukkan pergerakan kapal bergerak maju dengan kecepatan 1.4 knots, kemudian pergerakan lateral haluan kapal bergerak ke kanan dengan kecepatan 1.2 knot dan pergerakan lateral buritan kapal bergerak ke kiri dengan kecepatan 3.5 knot dalam waktu 3.08 menit mengakibatkan posisi kapal berada pada jarak 0.046 mile dari posisi awal dengan sudut *bearing* 239.1 derajat dengan jarak tempuh 0.1 mil sehingga menghasilkan rata rata perputaran kapal menjadi 63 derajat/menit.

Dari hasil data yang diperoleh pada data Tabel 7, 8 dan 9, berikut Gambar 13, 14, 15 dan 16 menunjukkan grafik untuk membedakan karakteristik respon kapal terhadap hubungan variasi sudut kemudi dengan rata rata perputaran kapal (*ROT*), waktu (*Times*), kecepatan kapal (*Speed*) dan Jarak titik putar (*Range*).



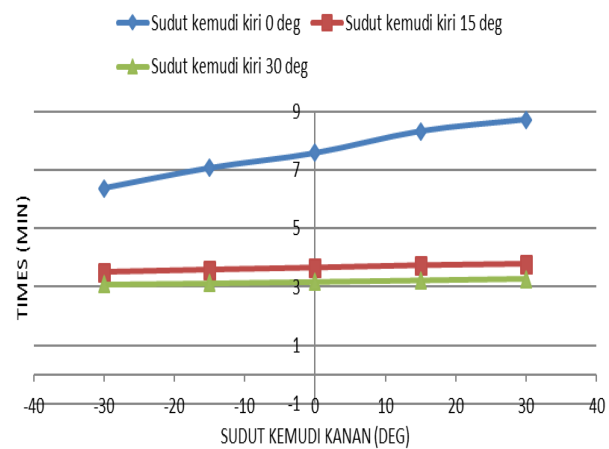
Gambar 13. Karakteristik *ROT* pada *turning basin* kanan

Gambar 13, menunjukkan hubungan rata rata perputaran kapal (*ROT*) terhadap variasi sudut kemudi, dapat dinyatakan bahwa :

- Pada *ROT* variasi I, kemudi kiri diposisikan pada sudut tetap 0° dan kemudi kanan diposisikan dari sudut 0° sampai dengan sudut 30° atau diarahkan ke kanan, tidak dapat menaikkan *ROT*, namun sebaliknya apabila diposisikan dari sudut 0° sampai dengan sudut -30° atau diarahkan ke kiri dapat menaikkan *ROT*. Semakin besar sudut kemudi kanan diarahkan ke kiri semakin naik *ROT*.
- Pada *ROT* variasi II, kemudi kiri diposisikan pada sudut tetap 15° dan kemudi kanan

diposisikan dari sudut 30° sampai dengan sudut -30° atau diarahkan dari kanan ke kiri akan dapat menaikkan *ROT*. Semakin besar sudut kemudi kanan diarahkan ke kanan (+) maka semakin turun *ROT*, sebaliknya semakin besar sudut kemudi kanan diarahkan ke kiri (-) maka semakin naik *ROT*.

- Pada *ROT* variasi III, kemudi kiri diposisikan pada sudut tetap 30° dan kemudi kanan diposisikan dari sudut 30° sampai dengan sudut -30° atau diarahkan dari kanan ke kiri akan dapat menaikkan *ROT*. Semakin besar sudut kemudi kanan diarahkan ke kanan (+) maka semakin turun *ROT*, sebaliknya semakin besar sudut kemudi kanan diarahkan ke kiri (-) maka semakin naik *ROT*.



Gambar 14. Karakteristik *times* pada *turning basin* kanan

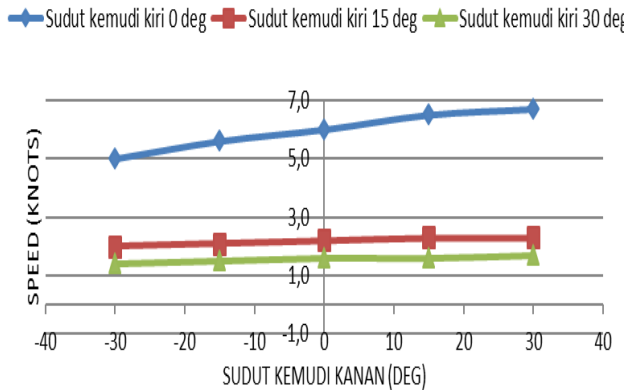
Gambar 14, menunjukkan hubungan antara waktu yang diperlukan untuk memutar kapal (*Times*) terhadap variasi sudut kemudi, dapat dinyatakan bahwa :

Pada *Times* variasi I, II dan III, dimana kemudi kiri yang diposisikan pada sudut tetap 0°, 15°, 30° dan kemudi kanan diposisikan dari sudut 30° sampai dengan sudut -30° atau diarahkan dari kanan ke kiri akan memperkecil waktu. Semakin besar sudut kemudi kanan diarahkan ke kiri (-) semakin rendah waktu yang diperlukan.

Gambar 15 menunjukkan hubungan antara *Speed* yang diperoleh terhadap variasi sudut kemudi. Dapat dinyatakan bahwa pada *Speed* variasi I, II dan III, dimana kemudi kiri yang diposisikan pada sudut tetap 0°, 15°, 30° dan

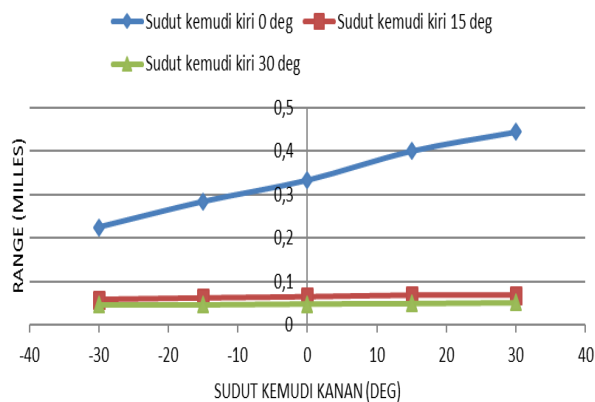


kemudi kanan diposisikan dari sudut 30° sampai dengan sudut -30° atau diarahkan dari kanan ke kiri akan memperlambat kecepatan. Semakin besar sudut kemudi kanan diarahkan ke kiri (-) semakin lambat kecepatan kapal.



Gambar 15. Karakteristik speed pada turning basin kanan

Gambar 16, menunjukkan hubungan antara jarak titik putar kapal yang diperoleh (Range) terhadap variasi sudut kemudi, dapat dinyatakan bahwa pada Range variasi I, II dan III, dimana kemudi kiri yang diposisikan pada sudut tetap 0°, 15°, 30° dan kemudi kanan diposisikan dari sudut 30° sampai dengan sudut -30° atau diarahkan dari kanan ke kiri akan mempendek jarak titik putar. Semakin besar sudut kemudi kanan diarahkan ke kiri (-) maka semakin pendek jarak titik putar kapal.



Gambar 16. Karakteristik range pada turning basin kanan

Berikut Tabel 7, 8 dan 9, menunjukkan hasil rekapitulasi data respon kapal terhadap simulasi self turning basin yang diperoleh dari pengamatan pada instrument sebagai berikut :

Tabel 7. Data model variasi I, sudut kemudi P = 0°; S = Variasi

Port Rudder Angle (Deg)	0	0	0	0	0
Starboard Rudder Angle (Deg)	-30	-15	0	15	30
LOG (Kt)	5,0	5,6	6,0	6,5	6,7
Bow Lateral speed (kt)	0,0	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1
Stern Lateral speed (kt)	-1,6	-1,4	-0,3	-1,3	-1,3
Times (Minutes)	6,38	7,07	7,58	8,33	8,73
Range (Nm)	0,225	0,284	0,333	0,400	0,444
Bearing (Deg)	292,6	297,6	298,0	297,8	296,8
Distance Run (Nm)	0,3	0,4	0,5	0,6	0,6
ROT (Deg/min.)	21	18	16	16	16

Tabel 8. Data model variasi II, sudut kemudi P = 15°; S = Variasi

Port Rudder Angle (Deg)	15	15	15	15	15
Starboard Rudder Angle (Deg)	-30	-15	0	15	30
LOG (Kt)	2,0	2,1	2,2	2,3	2,3
Bow Lateral speed (kt)	1,0	0,9	0,9	0,9	0,9
Stern Lateral speed (kt)	-3,1	-3,0	-3,0	-2,9	-2,9
Times (Minutes)	3,5	3,58	3,65	3,73	3,78
Range (Nm)	0,058	0,062	0,065	0,069	0,069
Bearing (Deg)	255,2	257,1	259,7	260,6	261,4
Distance Run (Nm)	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
ROT (Deg/min.)	54	53	52	51	50



Tabel 9. Data model variasi III, sudut kemudi P = 30°; S = Variasi

<i>Port Rudder Angle (Deg)</i>	30	30	30	30	30
<i>Starboard Rudder Angle (Deg)</i>	-30	-15	0	15	30
<i>LOG (Kt)</i>	1,4	1,5	1,6	1,6	1,7
<i>Bow Lateral speed (kt)</i>	1,2	1,1	1,1	1,1	1,1
<i>Stern Lateral speed (kt)</i>	-3,5	-3,5	-3,4	-3,4	-3,4
<i>Times (Minutes)</i>	3,08	3,12	3,17	3,22	3,27
<i>Range (Nm)</i>	0,046	0,046	0,048	0,049	0,051
<i>Bearing (Deg)</i>	239,1	243,7	244,1	245,3	247,7
<i>Distance Run (Nm)</i>	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
<i>ROT (Deg/min.)</i>	63	62	61	60	59

4. Kesimpulan

Simulasi *Self Turning Basin* dengan metode mesin kiri maju penuh dan mesin kanan mundur penuh (rpm konstan) dengan beberapa variasi sudut kemudi, dapat diambil suatu kesimpulan sebagai berikut :

- Pada kemudi kanan, memposisikan sudut kemudi pada arah kanan atau positif (+) dapat mengurangi *Rate of Turn* (R.O.T), memperlambat waktu putar, menambah

kecepatan kapal dan memperpanjang jarak putar kapal.

- Sudut kemudi yang menunjukkan karakteristik respon putar kapal terhadap gerakan *Surging*, *Swaying* dan *Yawing* adalah yang menunjukkan ROT tertinggi, *Times* terpendek, *Speed* terendah dan *Range* terpendek.

Referensi

- [1] M. Ridwan Utina. (2009). Simulasi Manuver Turning Kapal Ferry Penumpang. Jurnal Wave, UPT BPPH – BPPT Vol.3 No. 2.
- [2] Daeng Paroka, Andi Haris Muhammad and Syamsul Asri. (2016). Maneuverability of Ship with Small Draught in Steady Wind. Department of Naval Architect, Faculty of Engineering - UNHAS.
- [3] Maritime Safety Committee on Ship Maneuverability of International Maritime Organization (IMO), MSC 76/23, Resolution MSC. 137(76), London (2002).
- [4] Cahaya Fajar Budi Hartanto. (2018). Pemanfaatan Simulator Dalam Meningkatkan Pengetahuan dan Keterampilan Bernavigasi Taruna Akademi Pelayaran Niaga Indonesia. Jurnal Mitra Pendidikan (JMP Online) Vol. 2 No. 4.
- [5] Description of Ship Model RORO04L Roll-on Roll-off Ship L'Audace Full Loaded Version 6 – Kongsberg Maritime (2012).
- [6] Kongsberg Maritime AS. (2011). Polaris Ship's Bridge Simulator – Technical Manual – Section 5b – Instrumentation.

